



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA TERAPIA FÍSICA MÉDICA

TEMA:

“ESTUDIO DE LA HUELLA PLANTAR Y SU RELACIÓN CON LA ANGULACIÓN DE CADERA Y RODILLA EN ADOLESCENTES AFROECUATORIANOS ENTRE 10 Y 19 AÑOS DE EDAD DE LA UNIDAD EDUCATIVA VALLE DEL CHOTA”

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Licenciado en Terapia
Física Médica

AUTOR: Jiménez Mejía Kevin Xavier

DIRECTOR: Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto MSc.

IBARRA-ECUADOR

2019

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DE TESIS

Yo, Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto MSc. en calidad de tutora de la tesis titulada: “Estudio de la huella plantar y su relación con la angulación de cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa Valle del Chota”, de autoría de Jiménez Mejía Kevin Xavier, una vez revisada y hechas las correcciones solicitadas certifico que está apta para su defensa, y para que sea sometida a evaluación de tribunales.

En la ciudad de Ibarra, a los 12 días del mes de junio de 2019

Lo certifico:

(Firma) 

Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto MSc.

C.I.: 1003019740



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE CIUDADANÍA:	100417433-5		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Jiménez Mejía Kevin Xavier		
DIRECCIÓN:	San Antonio, Calle Luis E. Cevallos 4-45 y Bolívar		
EMAIL:	kevin.jimenez605@hotmail.com		
TELÉFONO FIJO:	2550-027	TELF. MÓVIL:	0961325222
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	“ESTUDIO DE LA HUELLA PLANTAR Y SU RELACIÓN CON LA ANGULACIÓN DE CADERA Y RODILLA EN ADOLESCENTES AFROECUATORIANOS ENTRE 10 Y 19 AÑOS DE EDAD DE LA UNIDAD EDUCATIVA VALLE DEL CHOTA.”		
AUTOR (A):	Jiménez Mejía Kevin Xavier		
FECHA:	2019- 06-12		

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTAN:	Licenciado en Terapia Física Médica
ASESOR /DIRECTOR:	Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

En la ciudad de Ibarra, a los 12 días del mes de junio de 2019

EL AUTOR:

(Firma) 

Kevin Xavier Jiménez Mejía

C.C: 100417533-5

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FCS – UTN

Fecha: Ibarra, 12 de junio de 2019

Kevin Xavier Jiménez Mejía “ESTUDIO DE LA HUELLA PLANTAR Y SU RELACIÓN CON LA ANGULACIÓN DE CADERA Y RODILLA EN ADOLESCENTES AFROECUATORIANOS ENTRE 10 Y 19 AÑOS DE EDAD DE LA UNIDAD EDUCATIVA VALLE DEL CHOTA” / Trabajo de Grado Licenciado en Terapia Física Médica. Universidad Técnica del Norte.

DIRECTORA: Lcda. Daniela Zurita Pinto

El principal objetivo de la presente investigación fue, Determinar la relación entre la huella plantar y la angulación de cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”. Entre los objetivos específicos se encuentran: Caracterizar la muestra de estudio según edad y género de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”. Evaluar la huella plantar del pie dominante en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”. Identificar la angulación de cadera y rodilla del miembro inferior dominante de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”. Describir la relación de la huella plantar con la angulación de cadera y angulación de rodilla de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”.

Fecha: Ibarra, 12 de junio de 2019


.....
Lcda. Daniela Alexandra Zurita Pinto MSc.
Directora


.....
Kevin Xavier Jiménez Mejía

Autor

DEDICATORIA

Este estudio va dedicado a todas aquellas personas que día a día se esfuerzan por salir adelante a pesar de las dificultades, barreras y obstáculos, ya que aquellos que perseveran triunfan.

Esta investigación la quiero dedicar a mis amados padres, Carlos Jiménez Sanafria y Eblin Mejía Pérez, quienes han sido pilares fundamentales para poder llegar a ser primeramente un ser humano, una persona de bien y útil en la sociedad, quienes guiaron mis pasos desde un inicio y supieron corregirme cuando era necesario y darme luz hacia un sendero de bien. Además, de manera especial, a mi hermana Ivana Jiménez, quien representa mi motivación, lucha y superación, para seguir adelante con amor, sabiduría y sinceridad.

También, mencionar a todo el resto de mi familia que han estado cuando más lo he necesitado, personas especiales en mi vida y a mis amigos, mis mejores deseos en todos los aspectos de la vida, mucha prosperidad.

Kevin Xavier Jiménez Mejía

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a la Universidad “Técnica del Norte”, por brindarme un espacio en sus aulas para lograr una meta, y alcanzar un nivel de formación académico y sobre todo humano, gracias a sus excelentes docentes.

A todos mis maestros de cátedra que me brindaron su tiempo y conocimiento para dirigirme hasta alcanzar la profesión, y más que todo, el servir a la sociedad, y de este modo redirigir las buenas enseñanzas a quienes me rodean.

A mi tutora de tesis, magíster Daniela Zurita, que gracias a su paciencia y conocimientos supo guiarme por este camino profesional, además de conducirnos a ser mejores seres humanos, dignos de servir a los demás, sin estancarse y volar alto.

Mi padre Carlos Jiménez, que, con su constancia, ardua lucha y sencillez, ha sido pilar fundamental para culminar mis estudios, además de ser mi ejemplo a seguir. Eblin Mejía, mi madre, que ha sido un ángel aquí en la Tierra, mi abrigo y mi mayor motivación, y que gracias a sus consejos y regaños me ha sabido formar como persona, hijo, amigo y compañero. Ivana, mi hermana, que representa mi fuente de superación e inspiración, siendo lo máspreciado que me pusieron en la vida, hemos sido grandes compañeros y cómplices, que hemos logrado encarar todo, con perseverancia en este trayecto. A mi hermano Dany, quien me da ese estímulo para perseverar.

A mis amigos, que han estado siempre junto a mí, apoyándome y liberando espacio en su tiempo para dedicármelo, al resto de mi familia, primos y hermanos que creyeron en mí y supieron aconsejarme cuando necesitaba y apoyarme en momentos de necesidad, y aquella persona especial que he logrado encontrar en el paso por este sendero hacia el éxito, la realización, dicha y buena ventura, que a pesar de los errores aún permanece incondicional de cualquier modo.

Kevin Xavier Jiménez Mejía

ÍNDICE GENERAL

CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE LA DIRECTORA DE TESIS	ii
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	iii
REGISTRO BIBLIOGRÁFICO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
TEMA:	xiv
CAPÍTULO I.....	1
1. El problema de la Investigación	1
1.1. Planteamiento del Problema	1
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3. Justificación	4
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo General	5
1.4.2. Objetivos Específicos.....	5
1.5 Preguntas de la Investigación	6
CAPÍTULO II	7
2. Marco Teórico	7
2.1. Pie	8
2.1.1. Biomecánica del pie	8
2.1.2. Anatomía del pie	9
2.2. Bóveda plantar	16
2.3. Planta del pie y huella plantar.....	18
2.4. Tipos de pie.....	19
2.4.1. Pie plano.....	19
2.4.2. Pie cavo.....	21

2.5. Articulación de Rodilla.....	22
2.5.1. Biomecánica.....	22
2.5.2. Anatomía.....	23
2.6. Desviaciones en rodilla	25
2.6.1. Genu valgo	26
2.6.2. Genu varo.....	27
2.7. Articulación de cadera.....	28
2.7.1. Biomecánica	28
2.7.2. Anatomía.....	29
2.8. Desviaciones en cadera.....	30
2.8.1. Torsión (rotación) femoral interna	30
2.8.2. Torsión (rotación) femoral externa.....	31
2.8.3. Coxa vara y coxa valga	31
2.8.4. Anteversión y retroversión	31
2.9. Etiología de las deformidades angulares	32
2.10. Instrumentos de evaluación	32
2.10.1. Índice del Arco	33
2.10.2. Test de Craig	34
2.10.3. Ángulo Q.....	34
2.11. Marco legal y ético	35
2.11.1. Constitución de la República del Ecuador.....	35
2.11.2. Ley Orgánica de Salud	37
2.11.3. Código de la Niñez y Adolescencia	38
2.11.4. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida.....	39
CAPÍTULO III.....	40
3. Metodología de la Investigación	40
3.1. Tipo de investigación.....	40
3.2. Diseño de la Investigación.....	40
3.3. Localización y Ubicación del Estudio	41
3.4. Población y muestra.....	41
3.4.1. Población.....	41
3.4.2. Muestra.....	41
3.4.3. Criterios de Inclusión	41
3.4.4. Criterios de Exclusión	41
3.4.5. Criterios de Salida	42

3.5. Operacionalización de Variables	42
3.6. Métodos Recolección de Información	43
3.6.1. Métodos Teóricos:.....	43
3.6.2. Métodos Empíricos:	44
3.7. Métodos de Recolección de Información	44
3.7.1. Técnicas	44
3.7.2. Instrumentos.....	45
3.8. Validación de Instrumentos	45
CAPÍTULO IV	47
4. Análisis e interpretación de datos	47
4.1. Respuesta a las preguntas de investigación	55
CAPÍTULO V	57
5. Conclusiones y recomendaciones.....	57
5.1. Conclusiones.....	57
5.2. Recomendaciones	58
Bibliografía	59
ANEXOS	67
Anexo 1. Oficio de autorización de la institución	67
Anexo 2. Oficio de autorización del distrito de educación	68
Anexo 3. Oficio de aprobación del distrito de educación	69
Anexo 4. Consentimiento informado	70
Anexo 5. Fichas de evaluación.....	71
Anexo 6. Evidencias fotográficas.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de la Caracterización según Edad y Género	47
Tabla 2 Resultados del Tipo de Huella Plantar	48
Tabla 3 Resultados de la Angulación de Cadera.....	49
Tabla 4 Resultados de la Angulación de Rodilla	50
Tabla 5 Relación entre la Huella Plantar y Angulación de Cadera.....	51
Tabla 6 Relación Huella Plantar y Angulación de Cadera según V de Cramer.....	52
Tabla 7 Relación entre la Huella Plantar y Angulación de Rodilla	53
Tabla 8 Relación Huella Plantar y Angulación de Rodilla Según V de Cramer.....	54

RESUMEN

“ESTUDIO DE LA HUELLA PLANTAR Y SU RELACIÓN CON LA ANGULACIÓN DE CADERA Y RODILLA EN ADOLESCENTES AFROECUATORIANOS ENTRE 10 Y 19 AÑOS DE EDAD DE LA UNIDAD EDUCATIVA VALLE DEL CHOTA.”

Autor: Kevin Xavier Jiménez Mejía

Correo: kevin.jimenez605@hotmail.com

La huella plantar no es más que el reflejo del pie, mostrando características morfológicas que pueden ser plasmadas mediante la aplicación de herramientas como la plantigrafía. El presente trabajo investigativo tuvo como objetivo principal determinar la relación que existe entre la huella plantar y la angulación en cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos que comprenden las edades de 10 a 19 años. La metodología del estudio es de tipo cuali-cuantitativa, descriptiva y correlacional de diseño no experimental y de corte transversal. Se trabajó con una muestra de 63 estudiantes entre 10 y 19 años de ambos géneros, predominando el género femenino, y siendo las edades de 10 a 13 años la de mayor frecuencia. Se utilizaron instrumentos de evaluación tales como: Índice del Arco (IA), Test de Craig y Ángulo Q. Los resultados del tipo de huella plantar fueron del 49,2% de adolescentes con tipo de pie normal. La angulación de cadera estuvo determinada por el 63,5% de adolescentes con retroversión femoral y en la angulación de rodilla se encontraron resultados de alineación normal en 68,3% de evaluados. De acuerdo a la relación entre la huella plantar y angulación de cadera no determina una relación significativa, mientras que la relación entre la huella plantar y angulación de rodilla tienen una relación significativa, afirmando que la huella plantar influye en la angulación de rodilla.

Palabras clave: adolescente, pie plano, pie cavo, anteversión, retroversión, varo, valgo, relación

ABSTRACT

"STUDY OF PLANTAR FOOTPRINT AND ITS RELATION WITH HIP AND KNEE ANGULATION IN 10 AND 19 YEARS OLD AFRO-ECUADORIAN ADOLESCENTS IN VALLE DEL CHOTA EDUCATIONAL UNIT"

Author: Kevin Xavier Jiménez Mejía

Email: kevin.jimenez605@hotmail.com

The plantar footprint is no more than the reflection of the foot, showing morphological characteristics that can be captured through the application of tools such as screen footprint. The main objective of this research work was to determine the relationship between the plantar footprint and hip and knee angulation in afro-ecuadorian adolescents between the ages of 10 and 19. The methodology of the study is qualitative-quantitative, descriptive and correlational type of non-experimental and cross-sectional design. We worked with a sample of 63 students between 10 and 19 years old of both genders, predominantly female, with the ages of 10 to 13 being the most frequent. Evaluation tools such as: Arch Index (AI), Craig's Test and Q Angle. The results of the plantar footprint type were 49.2% of teens with normal foot type. Hip angulation was determined in 63.5% of adolescents with femoral retroversion and in knee angulation were results of normal alignment in 68.3% of the sample. It was determined that there was no a significant relationship between the plantar footprint and hip angulation, while the relationship between the plantar footprint and angulation of the knee is significant, concluding that the plantar footprint influences knee angulation.

Keywords: adolescent, flat foot, cavus foot, anteversion, retroversion, varus, valgus, relationship

TEMA:

“Estudio de la huella plantar y su relación con la angulación de cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa Valle del Chota”

CAPÍTULO I

1. El problema de la Investigación

1.1. Planteamiento del Problema

Actualmente las patologías o alteraciones del pie se han presentado como un motivo frecuente de consulta médica, las que pueden o no repercutir en las articulaciones como rodilla y cadera (1).

Es por eso que se han realizado varios estudios en diferentes países sobre los problemas que ocasionan las alteraciones del pie en estructuras próximas en niños, adolescentes y muy pocos estudios en adulto.

En España, se realizó un estudio en el cual se evaluó al pie en estática y lo relacionó con los niveles ascendentes, llegando a la conclusión de que el exceso de pronación como de supinación del pie provocan una rotación interna o externa, respectivamente, relacionándose con las rotaciones de cadera (2).

Un trabajo efectuado en la ciudad de Lima, Perú, determinó que de 90 escolares entre 6 y 10 años, una mayoría de 51 casos se identificaron como pie plano de los que el 55% tuvieron alteración en la pelvis, analizando así, que la presencia de una alteración de pie como en este caso el de tipo plano va a influir en la alineación pélvica (3).

En el Ecuador en un estudio elaborado en Cuenca a niños de 3 y 4 años de edad demostró que los efectos colaterales asociados a las alteraciones de la huella plantar de mayor prevalencia fueron las alteraciones angulares de rodilla (27,8%); siendo el genu valgo de mayor incidencia bilateral (12,2%) (4).

De igual manera se efectuó una investigación en Ambato en edades de 3 a 11 años el cual manifestó que del total de 64 estudiantes evaluados con pie plano la principal

alteración de la rodilla que se encuentra presente es el Genu valgo, seguido por la presencia de rótulas divergentes en los niños con pie plano (5).

Por otra parte, en la Parroquia de Ambuquí, en el Valle del Chota no se ha evidenciado estudios enfocados a la evaluación de la huella plantar y la relación que tiene con la angulación en cadera y rodilla.

1.2. Formulación del Problema

¿Existe relación entre la huella plantar y la angulación de cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

1.3. Justificación

En la actualidad los estudios que se han realizado con respecto a la relación que existe entre la huella del pie y la angulación de cadera y rodilla son escasos, especialmente en nuestro país.

El presente estudio se desarrolló con la finalidad de realizar una evaluación de la huella plantar, angulaciones de cadera y rodilla en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”, pudiéndose identificar el estado actual en el que se encuentra cada evaluado; para lo cual se aplicaron distintos instrumentos que permitieron conocer: el tipo de pie, el grado de angulación y el nivel de relación entre estas dos variables.

Esta investigación fue viable ya que se cuenta con la autorización de los representantes legales de los adolescentes, de la institución educativa a la que pertenecen y el conocimiento teórico y práctico del evaluador para llevar a cabo la aplicación de los instrumentos. Además, se cuenta con el material bibliográfico necesario que respalda este estudio.

Los principales beneficiarios de este estudio fueron los adolescentes de la Unidad Educativa “Valle del Chota” y su institución; y, como beneficiario indirecto el investigador y los estudiantes de la carrera de Terapia Física Médica, para futuras investigaciones en base a los datos que se obtuvieron de este estudio.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la relación entre la huella plantar y la angulación de cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar la muestra de estudio según edad y género de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”
- Evaluar la huella plantar del pie dominante en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”.
- Identificar la angulación de cadera y rodilla del miembro inferior dominante de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”.
- Describir la relación de la huella plantar con la angulación de cadera y angulación de rodilla de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”.

1.5 Preguntas de la Investigación

¿Cómo se encuentra caracterizada la muestra según edad y género de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

¿Cuál es el resultado obtenido en la evaluación de la huella plantar del pie dominante en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

¿Cuál es el resultado de la angulación de cadera y rodilla del miembro inferior dominante en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

¿Qué relación existe entre la huella plantar y la angulación de cadera y rodilla de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

La OMS define la adolescencia como el “período de crecimiento y desarrollo humano que se produce después de la niñez y antes de la edad adulta, entre los 10 y los 19 años. Se trata de una de las etapas de transición más importantes en la vida del ser humano, que se caracteriza por un ritmo acelerado de crecimiento y de cambios”. Esta etapa se ve limitada por varios cambios biológicos (6).

La adolescencia procede de la palabra latina “adolescere”, del verbo adolecer, que significa: tener cierta imperfección o defecto y también crecimiento y maduración. Es el periodo pasajero entre la infancia y la edad adulta, seguido de intensos cambios físicos, psicológicos, emocionales y sociales; da comienzo con la pubertad y acaba en torno a la segunda década de la vida, cuando ya se ha completado el crecimiento y desarrollo físico y la maduración psicosocial (7).

Durante la adolescencia, las personas se evidencia un crecimiento brusco de talla, debido a la secreción de las gonadotropinas (FHS y LH) y de hormonas sexuales que darán caracteres sexuales secundarios como los cambios esqueléticos, patrones de distribución de grasa, entre otros; esto sucede en ambos sexos, pero en distintas edades se da en un pico máximo como en los hombres que se da entre los 12 y 13 años y finaliza a los 16 o 17, pero en las mujeres se manifiesta entre los 10 y 12 años y culmina alrededor de los 14 o 15. Así también, algunos fenómenos que se presentan en la infancia no terminan hasta la adultez, como por ejemplo la maduración del hueso que finaliza en el cierre completo de las placas de crecimiento, y el cambio de tamaño y ubicación de otros elementos del cuerpo, como los senos paranasales (8) (9).

El crecimiento involucra una correlación entre la actividad endocrinológica y el sistema óseo. La GH (hormona clave en el crecimiento longitudinal), tiroxina, insulina y corticoides influyen en el aumento de la talla y la velocidad de crecimiento. Otras

hormonas influyen en la mineralización ósea. Las somatomedinas o factores de crecimiento de tipo insulínico son estimuladas por la GH y actúan en el crecimiento óseo. La maduración ósea depende de las hormonas tiroideas, los andrógenos adrenales y esteroides gonadales sexuales. Cuando comienza la pubertad, tanto la GH como los esteroides sexuales participan en la puesta en marcha del estirón puberal (10).

2.1. Pie

El pie es parte fundamental para el ser humano, porque es una estructura anatómica deformable y favorecedora para cualquier terreno; se dispone a las fuerzas y es el mejor modelo de un sistema completo que compila solidez, flexibilidad y estabilidad (11). Añadiendo también que, proporciona sustento para la bipedestación y accediendo a efectuar actividades de manera suave y firme, gracias a que ejecuta una función estática y también otra dinámica (12).

Es por ello que el estudio del tipo de pie es de mucha importancia por lo que se analiza tanto la anatomía del mismo y su huella plantar que puede demostrar alguna alteración, lo cual podría provocar cambios en la estructura anatómica del sujeto.

2.1.1. Biomecánica del pie

Inicialmente el pie tiene una posición estática funcional que ayuda a una correcta marcha y bipedestación, la cual se encuentra de forma neutra formando un ángulo de 90° con respecto a la pierna.

El pie tiene distintos movimientos que se realizan en determinados ejes:

- **Eje de movimiento de la articulación superior del tobillo:** se realiza la flexión plantar 40-50° (pierna libre) o 50° hacia atrás (pierna de apoyo) y extensión dorsal de 20-30° (pierna libre) o 30° hacia adelante (pierna de apoyo), este eje pasa transversalmente entre los puntos de los maléolos formando un ángulo de 82° en el plano frontal, con respecto a la tibia (13).

- **Eje de movimiento de la articulación inferior del tobillo:** se realiza inversión (20°) y eversión (10°); va desde la parte lateral del calcáneo, pasando por la zona medial del canal del tarso y se dirige hacia la parte media del hueso navicular (13).
- **Eje de movimiento del antepié en las articulaciones e Chopart y Lisfranc:** realiza movimientos de pronación (20°) y supinación (40°); se dirige sagital al calcáneo, pasando por el navicular (13).

Ejes del retropié:

- **Pie rectus:** los ejes están dispuestos verticalmente, unidos por los maléolos y separados en la mitad por el eje del calcáneo, en el retropié.
- **Pie valgo:** pie prono con 30° de eversión y torsión del antepié hacia fuera.
- **Pie cavo:** pie supino con 60° de inversión y torsión del antepié hacia dentro (13).

Además, el dedo gordo del pie en sus articulaciones: tarsometatarsiana realiza flexión (45°) y extensión (70°), y en la articulación interfalángica flexión (80°) (13).

2.1.2. Anatomía del pie

a) Huesos del pie

El pie está formado por tres grupos de huesos: tarso, metatarso y falanges.

1. El tarso.

Este se instala en el retropié. Está conformado por siete huesos cortos repartidos en dos filas (anterior y posterior). La posterior está integrada por dos huesos, el astrágalo o talus y el calcáneo. La fila anterior consta de cinco huesos: el cuboides, navicular y los tres huesos cuneiformes. Estos siete huesos del tarso se articulan de manera que

forman una bóveda cóncava inferiormente, sobre la que reposa el peso total del cuerpo (14).

2. Metatarso

Formado por cinco huesos largos denominados huesos metatarsianos. Un primer hueso con gran grosor y de forma casi cilíndrica, los demás asemejan una configuración uniforme que restan su longitud desde el segundo metatarsiano hasta el quinto que, extrema su acortamiento y que su base se extiende en dirección posterior y afuera (15).

3. Falanges

Son semejantes a las de la mano por su disposición, forma y desarrollo. Sin embargo, son diferentes por sus dimensiones, más reducidas, a excepción de las falanges del dedo gordo del pie, que son muy voluminosas (14).

Van numerados de 1 a 5 empezando desde el dedo gordo. Cada una de las falanges tiene una composición de: base proximal, cuerpo intermedio y una cabeza distal, a excepción del dedo gordo que únicamente tiene dos falanges grandes (proximal y distal), y cada una están unidas entre sí por las articulaciones interfalángicas (16).

b) Articulaciones del pie

Las articulaciones del pie comprenden:

- **Articulación astragalocalcánea (subastragalina):** se realiza gran parte de la eversión e inversión en leves grados, forma una articulación incongruente,
- **Articulación astragaloescafoidea:** se produce una rotación de descenso anterógrado y medial sobre un eje, ayudando a la inversión y eversión del pie.
- **Articulación calcaneocuboidea:** permite inversión y eversión, junto con la astragaloescafoidea.

- **Articulación transversa del tarso:** compuesta por dos articulaciones (astragaloescapoidea y calcaneocuboidea), engloba movimientos de supinación y pronación, abducción y aducción, inversión y evasión.
- **Articulaciones metatarsofalángicas:** los huesos metatarsianos (convexos) se articulan con las falanges (cóncavas) formando articulaciones incongruentes que permiten la flexión de 90°, así mismo es posible la hiperextensión hasta 20° (17).

c) Músculos del pie

La distribución de los músculos está dada en dos regiones: músculos de la región dorsal del pie y músculos de la región plantar.

1. Región dorsal del pie

- Músculo extensor corto de los dedos
- Músculo extensor corto del dedo gordo

2. Región Plantar

Grupo muscular medio

- Plano profundo: músculos interóseos (plantares y dorsales).
- Plano medio: cuatro músculos lumbricales y músculo cuadrado plantar o flexor accesorio.
- Plano superficial: músculo flexor corto de los dedos (14).

Grupo muscular medial

- Plano profundo: músculo flexor corto del dedo gordo y aductor del dedo gordo.
- Plano superficial: músculo abductor del dedo gordo (14).

Grupo muscular lateral

- Plano profundo: músculo flexor corto del dedo pequeño y músculo oponente del dedo pequeño.
- Plano superficial: músculo abductor del dedo pequeño (14).

d) Ligamentos

Ligamento calcaneonavicular plantar: este ligamento sostiene la cabeza del talus y desempeña una función importante en la transferencia del peso desde el talus y en el mantenimiento del arco longitudinal del pie, del cual es la piedra angular (su elemento más superior) (18).

Ligamento plantar largo: es sustancial para el mantenimiento del arco longitudinal del pie (18).

Ligamento calcaneocuboideo o gran ligamento plantar: se establece como un plano fibroso fuerte y nacarado que se conduce hacia adelante, este ligamento une los huesos del tarso entre sí y también con el metatarso, además, está implicado en el mantenimiento del arco longitudinal del pie (19).

e) Arcos del pie

Son los encargados de distribuir la carga de peso que se transmite hacia el talo absorbiendo los impactos y propulsando posteriormente al calcáneo y anteriormente hacia los sesamoideos para proporcionar la marcha, además se reparte el peso lateralmente en las cabezas de los metatarsianos 3° a 5°. Entre esos puntos se encuentran los arcos del pie, que se nivelan por acción del propio peso del cuerpo bípedo y se aparten cuando deja de actuar el peso (18).

Arco longitudinal del pie

Está compuesto por una parte medial y una lateral que llevan a cabo como una unidad, junto con el arco transverso del pie la distribución del peso en todas las direcciones. El medial es más alto y más importante que el lateral, ya que está compuesto por el calcáneo, el talo, el navicular, los tres cuneiformes y los tres primeros metatarsianos. La cabeza del talo es la piedra angular del arco longitudinal medial. El tibial anterior y posterior, a través de sus inserciones tendinosas, que refuerza el arco longitudinal medial, además del tendón del músculo peróneo largo, ayudan a mantener este arco. El arco longitudinal lateral es más plano que el medial y reposa sobre el suelo durante la bipedestación. Está formado por el calcáneo, el cuboides y los dos metatarsianos laterales (18).

Arco transverso del pie

Está conformado por el cuboides, los cuneiformes y las bases de los metatarsianos. Las partes medial y lateral del arco longitudinal actúan como pilares del arco transverso. Los tendones del peróneo largo y el tibial posterior mantienen la curvatura del arco transverso y la integridad de estos permanece gracias a factores pasivos y apoyos dinámicos (18).

Los factores pasivos implicados en la formación y el mantenimiento de los arcos del pie comprenden:

- La forma de los huesos unidos (en los dos arcos, más en el transverso).
- Cuatro capas consecutivas de tejido fibroso que sostienen el arco longitudinal como una cuerda de arco (de superficial a profundo):

1. La aponeurosis plantar.
2. El ligamento plantar largo.
3. El ligamento calcaneocuboideo plantar (plantar corto).
4. El ligamento calcaneonavicular plantar (resorte) (18).

Los apoyos dinámicos que dan mantenimiento a los arcos del pie comprenden:

- La acción tónica (refleja) de los músculos intrínsecos del pie (arco longitudinal).
- La contracción activa y tónica de los músculos con tendones largos que se extienden por el pie:
 - a) Flexores largos del dedo gordo y de los dedos para el arco longitudinal.
 - b) Peróneo largo y tibial posterior para el arco transversal (18).

De estos factores, los ligamentos plantares y la aponeurosis plantar son las estructuras más importantes en el sustento de los arcos del pie, y las que están sometidas a una mayor tensión (18).

f) Fascias del pie

Existen dos grupos de fascias: las dorsales y las plantares.

Las fascias dorsales:

1. La fascia dorsal del pie recubre los tendones de los músculos extensores largos y se dirige hacia superior y posterior con respecto a los retináculos, además a sus lados se adhieren con los bordes lateral y medial del pie uniéndose a los bordes de la fascia plantar (14).
2. La fascia de los músculos extensores cortos se presenta como una lámina delgada que se discurre por debajo de los tendones de los músculos extensores largos y que recubre los músculos extensores cortos, vasos dorsales del pie y el nervio peróneo. Se ancla en el borde lateral del pie y en la parte medial se adhiere a la fascia dorsal del pie a lo largo del tendón del músculo extensor largo del dedo gordo (14).

3. La fascia interósea dorsal tapa la cara dorsal de los metatarsianos y los músculos interóseos dorsales (14).

Las fascias plantares:

Hay dos planos fasciales: fascia plantar y fascia interósea plantar.

Fascia plantar

Se encuentra profundamente en la piel, y está separada por una capa de tejido graso, cubriendo músculos plantares superficiales en tres partes: media, medial y lateral.

1. Aponeurosis plantar. Atañe a la fascia plantar media siendo una membrana muy resistente que se forma de fibras longitudinales y transversales gruesas posteriormente, mientras que son delgadas en la parte anterior, las cuales se separan en cinco cintillas pre tendinosas. La forma es de un triángulo con un vértice en su parte posterior. Esta se encaja posteriormente en las apófisis medial y lateral de la tuberosidad del calcáneo; anteriormente llega a la altura de las articulaciones metatarsofalángicas; lateralmente recorre con las fascias plantares medial y lateral. Caracterizada por tener un surco longitudinal en medio de la fusión de estas fascias (14).

En las articulaciones metatarsofalángicas organizan un ligamento metatarsiano transversal superficial y en la parte posterior de las comisuras interdigitales, un ligamento interdigital similar al de la aponeurosis palmar (14).

2. Fascias plantares lateral y medial. la primera es gruesa posteriormente y delgada en su parte anterior, en tanto que la segunda es delgada posteriormente y gruesa anteriormente; estas dos se interceden en la parte posterior de la apófisis de la tuberosidad del calcáneo (14).

Fascia interósea plantar

Cubre los músculos interóseos plantares y se extiende transversalmente desde el borde inferior del primer hueso metatarsiano hasta el borde inferior del quinto. Separadas por dos surcos anteroposteriores, se distinguen tres partes:

- La aponeurosis plantar
- La fascia plantar
- La fascia plantar medial

De la cara profunda de los surcos que separan la aponeurosis plantar de las fascias plantares lateral y medial, parten dos tabiques fibrosos intermusculares, uno lateral y otro medial. El medial se inserta, de posterior a anterior, en la apófisis medial de la tuberosidad del calcáneo y en los huesos: navicular, cuneiforme medial y primer metatarsiano. El lateral se fija en el ligamento calcaneocuboideo plantar y en el quinto hueso metatarsiano. Estos tabiques y las fascias plantares limitan con la fascia interósea plantar que cubre los músculos interóseos plantares tres celdas plantares: media, medial y lateral. Los tabiques que desglosan dichas celdas son incompletos y muestran orificios por los cuales pasan vasos, nervios, músculos y tendones, que se extienden de una celda a otra. De esta manera, las tres celdas plantares se comunican entre sí. El tabique intermuscular medial muestra una amplia continuidad posterior, en relación con el borde inferior del canal calcáneo (14).

Superiormente a las celdas plantares se halla una celda profunda o interósea, separada de las superficiales por una capa celular fina fascia interósea plantar. La celda profunda contiene los músculos interóseos, vasos y nervios (14).

2.2. Bóveda plantar

Se lo puede definir como un conjunto arquitectónico de elementos osteoarticulares, ligamentosos y musculares del pie, haciéndolo útil para mejorar la transmisión del peso del cuerpo hacia el suelo debido a la gravedad terrestre. Además, es capaz de

deformarse y adaptarse al terreno por donde transite el sujeto desempeñando el papel de amortiguador para la flexibilidad de la marcha (20).

Esta bóveda se encuentra en la zona interna del pie en forma de media concha abierta. La parte superior de la bóveda se forma de huesos, mientras que la parte inferior de ligamentos, aponeurosis y músculos cortos. En la bóveda plantar se distinguen los arcos longitudinales y transversales (21).

Tiene tres arcos (arco anterior, arco externo y arco interno) y también tres puntos de apoyo: la cabeza del primer metatarsiano, la cabeza del quinto metatarsiano y las tuberosidades posteriores del calcáneo (20).

El **arco anterior** ubicado desde la cabeza del primer metatarsiano hasta la cabeza del quinto metatarsiano, pasando por las demás cabezas de metatarsianos, siendo la segunda más elevada (clave de la bóveda) (20).

Arco externo, únicamente contiene 3 piezas: el quinto metatarsiano que es el punto de apoyo anterior del arco anterior, el cuboide que no roza con el suelo y el calcáneo como apoyo posterior del arco gracias a sus tuberosidades posteriores. Este arco está a una distancia de 3-5 mm del suelo, por lo cual sólo contacta con él a través de las partes blandas. Se caracteriza por ser más rígido que el interno debido al gran ligamento calcáneo-cuboideo-metatarso-plantar, para así lograr que se transmita un impulso motor del tríceps sural (20).

El **arco interno**, es cóncavo y se forma de cinco piezas óseas que a su vez se compactan con varios ligamentos plantares (cuneo-metatarsiano, escafo-cuneal, ligamento interóseo calcáneo-escafoideo inferior 1 y el ligamento interóseo calcáneo-astragalino 2). La transferencia de fuerzas mecánicas se realiza por medio de las trabéculas óseas originadas en la cortical anterior y posterior de la tibia (20).

2.3. Planta del pie y huella plantar

La planta del pie está conformada por tabiques fibrosos que separan el tejido adiposo subcutáneo en pequeños compartimentos donde se ancla la aponeurosis plantar que está muy profunda bajo la piel gruesa que caracteriza la planta del pie, y bajo esta aponeurosis se distinguen los músculos del pie (22).

La huella plantar es netamente el resultado de plasmar el pie, del cual se evidencia ciertas características morfológicas, estas pueden reformarse tanto en longitud como en su anchura, debido a ciertos factores como:

- El incremento de la longitud del arco debido al hundimiento del arco plantar.
- La composición corporal del sujeto.
- Sedentarismo (23).

Esta huella se puede obtener mediante podogramas o plantigrafía, clasificándolas así en:

- a) Normal (pie rectus),
- b) Aumentada (pie cavo),
- c) Disminución transversal (pie plano transversal),
- d) Disminución longitudinal (pie plano) (13).

También, las huellas plantares como método de evaluación con lo que respecta al apoyo anormal del mediopié las clasifica en cuatro grados:

- **Primer Grado:** se observa un ensanchamiento (no completo) del mediopié, observándose poco del arco interno.
- **Segundo grado:** permanece limitada la bóveda plantar, pero destaca el máximo apoyo en el mediopié.
- **Tercer grado:** predominio de apoyo completo del mediopié.

- **Cuarto grado:** el apoyo del mediopié resalta entre el apoyo posterior y anterior del pie (24).

Para la toma de la huella plantar, se utiliza con mayor constancia la impresión plantar por entintado para poder identificar particularidades de cada pie. Siendo así, que la impresión con apoyo en una superficie (podograma, plantigrafía) puede ayudar a la prevención, tratamiento y rehabilitación de lesiones y deformidades, para un mejor control biomédico del sujeto (25).

Este análisis de las huellas plantares de manera oportuna pueden ayudar al diagnóstico del tipo de pie que presentan:

En el pie normal, se distingue un arco longitudinal interno y una huella plantar muy bien marcada con una zona del ante pie ancha y una zona del retropié anexada por una zona externa más estrecha en el medio pie conocida como istmo (26).

El pie plano mediante su huella plantar, presenta, con respecto al pie normal, una mayor marca en el arco interno, que, generalmente culmina por una convexidad en los pies planos inveterados (26).

El pie cavo, en concordancia con la huella normal, se manifiesta con una prominencia convexa en el borde externo y una acentuación de la profundidad del borde interno que divide la huella en dos; en los pies cavos inveterados no se aprecia la huella de los dedos debido a su garra (26).

2.4. Tipos de pie

2.4.1. Pie plano

El pie plano es una deformidad en la que se produce disminución del arco longitudinal interno, con pérdida de la bóveda plantar. Acompañado de alteraciones en las

estructuras óseas, los ligamentos y músculos, adoptando frecuentemente una desviación del talón en valgo (27) (28).

El pie plano repercute en la biomecánica ascendente, provocando la alteración de los ejes, que en muchas ocasiones conlleva a lesiones y desajustes en el cuerpo. El individuo con este tipo de pie, realiza una marcha funcional compensatoria con un exceso de pronación, la cual, junto con el aumento del esfuerzo por soportar el arco interno del pie, provoca una sobrecarga en el mismo y somete a la pierna a un recorrido rotatorio interno de abajo hacia arriba, con una coaptación ósea inframaleolar externa exagerado (29).

En este momento, se transfiere un movimiento torsional en rotación interna de la tibia, situación crucial para producir una sobrecarga en la rodilla, con una mayor predisposición a sufrir lesiones en las extremidades inferiores citado en (29).

Etiología del pie plano

Pie plano por alteraciones neuromusculares:

- Pies zambos hiper corregidos.
- Traumatismo del tibial posterior.
- Retracción del tendón de Aquiles.
- Parálisis cerebral infantil.
- Miopatías.
- Secuelas poliomielíticas (24).

Pie plano por alteraciones óseas:

- Congénitas (Alteraciones de escafoides, sinostosis, astrágalo vertical).
- Yatrogénicas.

- Postraumáticas.
- Secundario a enfermedades óseas (24).

Pie plano por alteraciones musculo ligamentosas:

- Afecciones generalizadas que modifican la elasticidad.
- Pie plano por sobrecarga ponderal.
- Pie plano por alteraciones endocrinológicas.
- Pie plano laxo infantil.
- Secundario a artritis reumatoide (24).

2.4.2. Pie cavo

El pie cavo se caracteriza por tener un arco longitudinal medio excesivamente alto, que puede estar ligado con una desviación en varo del calcáneo y retracción de los dedos. El retropié y el antepié están más próximos y disminuido el borde de apoyo externo (28).

La forma en que se presenta la huella plantar de un pie cavo es básicamente la aparición de contacto de las zonas del retropié y metatarsal, excluyendo la presión del arco externo del pie (30).

Esta deformidad, somete a la pierna y el muslo a una rotación externa, provocando como mecanismo de compensación un genu varo y recurvatum, una retroversión de la hemipelvis y rotación de la pelvis del mismo lado y un aumento de la altura del miembro inferior que participa en la basculación de la pelvis del lado opuesto. Los movimientos de rotación de los miembros inferiores y de la pelvis en el plano horizontal suelen ser secundarios a movimientos de traslación en el plano frontal (29).

Etiología del pie cavo

Por retracción de partes blandas:

- Cicatrices plantares retráctiles
- Lesiones vasculares
- Enfermedad de Ledderhose (24).

De origen neurológico:

- Domina factor espástico (enfermedad de Friedreich)
- Domina factor paralítico (poliomielitis) (24).

Secundario a alteraciones osteoarticulares:

- Pie cavo por enfermedad osteoarticular (artritis reumática)
- Pie cavo por acción mecánica externa: Aguda (traumatismo) y Persistente (calzado)
- Pie cavo congénito (24).

2.5. Articulación de Rodilla

Es una articulación sinovial (diartrosis), se podría decir que es la mayor del cuerpo, realizando movimientos complejos de deslizamiento, rodamiento y rotación sobre un eje vertical, haciendo así que parezca una articulación de bisagra (tróclea) que otorga principalmente los movimientos de flexión y extensión (31).

2.5.1. Biomecánica

La cinemática de rodilla en el plano sagital muestra movimientos de extensión y flexión, los cuales son medidos en la articulación tibio femoral y a los cuales

pertenecen los valores normales que van de 0° a 140° aproximadamente del movimiento de flexo-extensión. También tenemos en el plano transversal (rotaciones interna y externa) y frontal (aducción y abducción) que respectivamente varían dependiendo si la rodilla se encuentra en flexión o extensión, para ello los rangos de movimiento con una flexión de 90° nos dan a conocer una rotación externa de 0° a 45° y una rotación interna de 0° a 30°. En el plano frontal, si la rodilla se encuentra flexionada a 30° la aducción y abducción aumentan, sucede lo contrario cuando la rodilla se flexiona más de 30° por la limitación que produce los tejidos blandos circundantes (32).

Estos tejidos blandos que ayudan a mantener la estabilidad de la articulación como son los ligamentos cruzados en cualquier posición articular también limitan ciertos movimientos cuando se encuentran en tensión como es el caso de los ligamentos laterales en la flexión, los colaterales y las partes mediales de los cruzados en la extensión, la parte medial del ligamento cruzado anterior (LCA) y todo el ligamento cruzado posterior (LCP) en la flexión con rotación interna (13).

Mecanismo de bloqueo. Esto sucede cuando el sujeto se encuentra en posición bípeda, la articulación de la rodilla se halla aparentemente “bloqueada”, haciendo así que disminuya el trabajo de la musculatura, únicamente ocupando lo preciso para mantenerla. Eso se da gracias al cambio de forma y tamaño de las superficies femorales articuladas con la tibia. Al producirse este bloqueo en flexión las superficies son las áreas curvas y redondeadas de las caras posteriores de los cóndilos femorales y a medida que se extiende estas superficies se movilizan hacia las áreas anchas y planas que se hallan en las caras inferiores de los cóndilos, siendo así que se vuelven más estables en este movimiento (31).

2.5.2. Anatomía

La articulación de la rodilla está compuesta por tres articulaciones:

- Dos articulaciones femorotibiales (lateral y medial) entre los cóndilos mediales y laterales del fémur y la tibia.
- Una articulación femororrotuliana o femoropatelar entre el fémur y la rótula.

La estabilidad de la rodilla depende directamente de los músculos que se encuentran circundando la misma y sus respectivos tendones y los ligamentos (extracapsulares e intraarticulares) que unen el fémur con la tibia. Además, cuenta con meniscos que se refiere a una especie de placas semilunares que absorben el impacto (18).

Los ligamentos extracapsulares que se encuentran en la articulación de la rodilla y que refuerzan la cápsula fibrosa son:

- Ligamento rotuliano, conforma la parte distal del tendón del cuádriceps se extiende hasta la tuberosidad de la tibia.
- Ligamentos colaterales, son dos: colateral peroneo (lateral) en forma de cuerda va desde el epicóndilo lateral del fémur hasta la cabeza del peroné; y el colateral tibial (medial) que tiene forma plana lo que ayuda a que se fije en la cápsula articular y en el menisco medial, sale del epicóndilo medial femoral hasta el cóndilo y la cara anteromedial de la tibia. Estos se mantienen tensos en la extensión, y estabilizan la articulación en el plano coronal, evitando así la luxación medial y lateral de la rodilla (33).
- Ligamento poplíteo oblicuo, refuerza la parte posterior y lateral de la cápsula articular.
- Ligamento poplíteo arqueado, refuerza la cápsula articular de posterior a lateral (33).

Ligamentos intraarticulares, son aquellos que dentro de la articulación protegen la misma y a su vez ayudan a mantener una buena estabilidad durante los movimientos que se realice, estos son:

- Ligamentos cruzados, son dos, los cuales ayudan a restringir la rotación y así evitar luxaciones. Estos son: el ligamento cruzado anterior, desde la parte anterior de la tibia hasta la parte posterior lateral y cara medial del cóndilo femoral. Y el ligamento cruzado posterior que va hacia anterior y medial hasta la cara lateral del cóndilo medial del fémur.
- Ligamento transverso de la rodilla, une los meniscos entre ellos.
- Ligamento meniscomfemoral posterior, une el menisco lateral con el LCP y con el cóndilo femoral (33).

Los meniscos, son dos que forman parte de la articulación (medial y lateral) los cuales están conformados de fibrocartílago que ayudan a la transmisión de la carga y el aumento del área de contacto entre el fémur y la tibia, a su vez estos se unen en la fosa intercondílea de la tibia (22).

Músculos de la articulación de la rodilla

Generan movimientos de flexión y extensión de la rodilla comprenden dos grandes grupos: uno anterior que se compone de los músculos del cuádriceps (recto anterior, recto interno, vasto interno y vasto externo) encargados de la extensión; y otro posterior que son los músculos isquiotibiales (bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso) que son flexores, incluyendo como sinergista al músculo poplíteo.

2.6. Desviaciones en rodilla

Las desviaciones o desplazamientos de la rodilla, generalmente son laterales, y muchas veces se asocia al género (masculino o femenino) del sujeto, experimentando variaciones en la angulación, siendo en varios casos patológicas clasificándolas en dos: el genu valgum (genu valgo) y el genu varum (gen varo).

Estas desviaciones no son insignificantes, por lo que, a futuro, sin una correcta corrección pueden causar enfermedades como la artrosis, debido al desgaste precoz

de las estructuras internas de la articulación de la rodilla producido por la mala distribución de las cargas (20).

2.6.1. Genu valgo

El genu valgum se refiere a una desalineación de la posición en la articulación de la rodilla, presenta una presión elevada en la parte externa de la misma (34). Este puede aumentar en la adolescencia temprana por falta de remodelación ósea y su origen exacto no se conoce, supone factores como el desarrollo defectuoso del cóndilo femoral lateral, la laxitud del ligamento colateral medial de la rodilla, la obesidad y el pie plano (35).

Se caracteriza por presentar las piernas en forma de “X”. En casos más pronunciados, la marcha puede verse aturdida “torpe”, con balanceo de una pierna alrededor de la otra para evitar el impacto de las rodillas entre sí. Aquellos sujetos suelen tener movimientos torpes por lo que se vuelven poco activos y propensos al sobrepeso. Según la distancia intermaleolar interna, se puede clasificar en cuatro grados:

- Grado 1. Distancia intermaleolar menor de 2,5 cm
- Grado 2. De 2,5 a 5 cm
- Grado 3. De 5 cm a 7,5 cm
- Grado 4. De 7,5 cm o más (36).

“Si es mayor a 10 cm la separación intermaleolar se sugiere revisión con el ortopedista” (36).

“El genu valgo es patológico cuando:

1. Es asimétrico.
2. La distancia entre los maléolos internos de los tobillos es mayor de 9cm.
3. El eje formado entre el fémur y la tibia es mayor de 15 grados de valgo” (37).

En la adolescencia la presencia del genu valgo puede ser causado por un síndrome congénito o un trauma (fracturas), pero existe un 94% que se presenta por obesidad o hiperlaxitud, su tratamiento se dará por medio de férulas en la etapa de crecimiento (38).

Se percibe el genu valgo mediante la aplicación de dos posibles métodos:

- Midiendo el ángulo entre los ejes diafisiarios formados por el fémur y la tibia, que distinguen un valor menor que el fisiológico de 170° .
- La medición (goniometría y radiografía) del desplazamiento interno, con respecto al centro de la rodilla y el eje mecánico del miembro inferior (20).

2.6.2. Genu varo

Es la desviación del eje de los miembros inferiores hacia medial. El genu varo es muy común pero rara vez es sintomático. Se manifiesta como una especie de curva en las piernas con convexidad externa. Su punto más extremo se encuentra a nivel de la articulación de las rodillas (39).

Se caracteriza por presentar las piernas arqueadas en forma de “O” o “paréntesis”. Se pone más en manifiesto con el inicio de la marcha. Cuando son secundarias, se deben a: raquitismo, tibia vara (enfermedad de Blount) y displasias óseas (36).

“El genu varo es anormal cuando:

1. Es asimétrico
2. La distancia entre los cóndilos femorales es mayor de 3cm.
3. Si el ángulo formado entre el fémur y la tibia es mayor de 15 grados de varo.
4. Persiste más allá de los dos años” (34).

Este genu varo, se puede observar de dos formas:

- La primera, midiendo el ángulo que existe entre los ejes diafisiarios del fémur y el de la tibia; que en su mayoría sobrepasa su valor normal o fisiológico con de 170°.
- La segunda, gracias a la medición goniométrica y radiográfica del desplazamiento externo del centro de la rodilla en relación con el eje mecánico del miembro inferior (20).

2.7. Articulación de cadera

2.7.1. Biomecánica

En la articulación encontramos tres ejes principales de movimiento, dándonos a su vez tres grados de libertad en cuales se distinguen 6 movimientos fundamentales.

1. **Eje transversal:** flexión (anteversión) y extensión (retroversión)
2. **Eje sagital:** abducción y aducción
3. **Eje longitudinal:** rotación interna y rotación externa (13).

Movimientos:

Flexión: otorga un desplazamiento de hasta 145° cuando se lleva el muslo hacia el tórax. Hay una disminución del rango de flexión de cadera dando 90° cuando la rodilla se encuentra extendida (40).

Extensión: en muchos casos la extensión está limitada por la tirantez de músculos flexores como psoas ilíaco y la banda iliofemoral y alcanza un rango de movimiento pasivo de 30° y 20° de forma activa (40).

Abducción: este movimiento puede llegar a marcar un rango de hasta 120-130°, siendo este movimiento puro y con entrenamiento, si sobrepasa hasta los 180° se relaciona con flexión de cadera (40).

Aducción: no existe un movimiento limpio, por lo cual este se conjuga con flexión, extensión de la cadera homolateral, es decir una abducción de la cadera opuesta, siendo como rango normal de movimiento 30° (40).

Rotación: la rotación interna tiene un valor de 30° a 40° , la externa logra los 60° llegando a un máximo de $90-100^{\circ}$ (40).

Circunducción: este movimiento se da como resultado de la conjugar todos los 4 movimientos nombrados, excepto la rotación (40).

2.7.2. Anatomía

Es una articulación multiaxial de tipo diartrosis lo cual ayuda a generar movimientos en todos los ejes siendo una de las articulaciones más móviles del cuerpo humano, la cual se conforma de la cabeza del fémur y el acetábulo (cavidad del hueso coxal) (18).

La estabilidad en la cadera se asiste internamente gracias al acetábulo que rodea casi toda la cabeza esférica del fémur, dentro de éste existe una fosa no articular compuesta de tejido conectivo laxo, y cuya superficie se recubre de cartílago hialino. Un anillo de fibrocartílago llamado rodete acetabular en la parte inferior hace las veces de ligamento transversal del acetábulo, transformando la escotadura en agujero. Además, el ligamento de la cabeza del fémur unido por la fosita de la cabeza del fémur, la fosa acetabular, ligamento transversal del acetábulo y los bordes de la escotadura acetabular (31).

Externamente la estabilidad depende de los ligamentos y tendones de músculos que se encuentran circundantes entre el fémur y el hueso coxal, así tenemos: el ligamento transversal del acetábulo que continúa del rodete acetabular donde se aloja la mitad de la cabeza del fémur; dentro de la cápsula articular se encuentran ligamentos que discurren en espiral desde la pelvis hasta el fémur como son los ligamentos iliofemorales que refuerza y consolida la articulación, el ligamento pubofemoral y el isquifemoral;

también existe un ligamento más grueso en las áreas que son sometidas a cargas de peso, es el ligamento de la cabeza del fémur (18).

Músculos de la articulación coxal

Para efectuar los diferentes movimientos de la articulación se predisponen músculos para cada movimiento ya sea de flexo-extensión, abducción, aducción, rotación interna y externa y circunducción. Todos estos movimientos que se generan gracias a la acción de varios músculos como:

El músculo psoas ilíaco es netamente flexor, además del sartorio, recto anterior del cuádriceps y tensor de la fascia lata. El músculo aductor mayor actúa también como flexor y extensor, aparte de su función como aductor. El músculo recto interno, recto anterior y pectíneo y los tres músculos aductores ayudan a la aducción como también de la flexión. Entre los músculos abductores tenemos al tensor de la fascia lata y a los glúteos medio y menor que de igual manera cumplen con la rotación interna. Y como principal extensor tenemos el glúteo mayor, aparte de otros músculos que colaboran con la extensión como son los isquiotibiales (bíceps crural, semitendinoso y semimembranoso). Tenemos también, músculos géminos (superior e inferior) y obturadores (interno y externo), piramidal y cuadrado crural que realizan rotación externa (18).

2.8. Desviaciones en cadera

2.8.1. Torsión (rotación) femoral interna

Tiene como característica que los dedos de los pies se tornan hacia adentro. Al colocarse en posición sedente en el suelo o una superficie plana adoptan la posición de “W” con las rodillas flexionadas y las piernas y la punta de los pies hacia fuera (36).

2.8.2. Torsión (rotación) femoral externa

Aquellos que tienen esta condición se caracterizan por mantener un tipo de marcha con toda la pierna y los pies hacia fuera que se la conoce como “marcha de pato” (36).

2.8.3. Coxa vara y coxa valga

Cuando la inclinación del eje longitudinal del cuello del fémur varía con respecto a la del cuerpo del mismo, por diversas causas, se dan dos tipos de patologías que se muestran con el aumento o disminución del ángulo de inclinación, a los cuáles se denominará valga o vara debido a la desviación que sufre el hueso o articulación de un miembro que está deformado en su parte distal con respecto a la línea media, así tenemos que al disminuir el ángulo longitudinal encontramos una coxa vara, la cual se define por el acercamiento del componente distal del fémur hacia la línea media, sucede lo contrario al obtener una coxa valga que se observa con un aumento del ángulo, y de esta manera el componente distal se aleja de la línea media (18).

2.8.4. Anteversión y retroversión

Si desde una vista lateral del muslo dibujamos una línea imaginaria horizontal en la pelvis, específicamente las espinas ilíacas anterosuperior y posterosuperior que atravesase de anterior a posterior podemos visualizar que en la anteversión el cual se determina por el movimiento global de giro sobre la cabeza del fémur hacia delante de los ilíacos y el sacro en un eje transversal. En esta, la posición de las espinas ilíacas anterosuperiores de la pelvis se encuentra bajo las espinas ilíacas posterosuperiores (41).

La retroversión, en cambio, tomando el mismo trazado imaginario de una línea de anterior a posterior entre las espinas ilíacas anterosuperior y posterosuperior, se identifica con la posición de las espinas ilíacas anterosuperiores a la misma altura o sobrepasando las espinas ilíacas posterosuperiores, es decir, cuando la pelvis rota hacia atrás en el mismo eje transversal (41).

2.9. Etiología de las deformidades angulares

Las deformidades angulares patológicas se presentan en cualquier sujeto “normal” y se pueden dar en forma bilateral y simétrica en la mayor parte de los casos. Dentro de las deformidades más comunes se mencionan: genu varo y valgo (en rodillas).

Durante el crecimiento del niño cerca de los 18 a 24 meses, el genu varo se manifiesta moderadamente y que se modifica con el paso del tiempo hasta aproximadamente los 7-10 años de edad. Cuando ha llegado a la adolescencia, puede también presentar genu valgo y varo fisiológico, de los cuáles se puede asumir que fue producto de una deformación existente en la infancia o a su vez la no corrección de la misma con el desarrollo. Es más común que se presente un genu varo debido a que no haya existido una corrección de la deformidad en todo el período que conlleva el desarrollo hasta que culmina con la maduración esquelética (42).

Estas deformidades fisiológicas pueden causar problemas en el sujeto, como son problemas estéticos pero lo principal son las alteraciones en su marcha y equilibrio los cuáles podrían causar una degeneración propiamente de la articulación. Y, para evitar dichos problemas se sugiere realizar evaluaciones preventivas, y en casos en los cuáles se detecte una anomalía se puede seguir un tratamiento en casos hasta quirúrgicos que disminuirá el empeoramiento de la deformidad, brindando así un buen resultado estético y principalmente biomecánico que satisfaga las necesidades y mejore la calidad de vida del sujeto (42).

2.10. Instrumentos de evaluación

Existen varios métodos de análisis de la huella plantar, muchos de ellos con instrumentos ya establecidos para la evaluación de la huella plantar para la determinación de la tipología del pie, así también para la angulación de cadera y rodilla respectivamente.

Estudio de huella plantar

2.10.1. Índice del Arco

Las plantigrafías o fotopodogramas se digitalizaron mediante el programa AreaCalc 1.0.0.1. realizado por Aguado X., et al. (1997) el cual se basa en el protocolo de Cavanagh y Rodgers (1987) para analizar las huellas plantares (43).

El AI no considera la zona de impresión de los dedos y se define como la ratio obtenido dividiendo el área correspondiente al tercio medio de la huella plantar, por el área total de la huella plantar. La imagen de la huella se digitaliza y en ella se traza una línea que la cruza por su centro, desde el punto medio del talón (punto A) y pasando por el eje del segundo dedo. Esta línea corresponde al eje del pie.

Una segunda línea, perpendicular a la primera, es dibujada de manera tangencial al punto más anterior de la huella plantar sin considerar los dedos, zona correspondiente al apoyo de las cabezas de los metatarsianos. El punto de intersección entre las 2 líneas se marca (punto B). La línea AB es entonces dividida en 3 segmentos de igual longitud, los que definen las áreas de antepié, mediopié y retropié (44).

Se aplica mediante la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{B}{A + B + C}$$

“A corresponde al área del retropié, B es el área del mediopié y C corresponde al área del antepié” (44).

“Para evaluar el tipo de pie en función del IA (Si $IA \leq 0,21$: pie cavo; Pie normal: $0,21 < IA < 0,26$; Pie plano: $IA \geq 0,26$)” (45).

Estudio de cadera y rodilla

2.10.2. Test de Craig

El Test de Craig se usa para evaluar el ángulo de la cadera si es normal, o presenta anteversión o retroversión femoral.

Método: El paciente está en posición prona con la cadera y rodilla de la extremidad de prueba flexionadas a 90° . El evaluador palpa el trocánter mayor del fémur y rota la extremidad de forma pasiva hasta que sobresalga lateralmente el trocánter y se mide el ángulo con un goniómetro **Resultados:** Un ángulo que sea menor a 8° indica una retroversión femoral, y un resultado mayor a 15° indica una anteversión (46).

2.10.3. Ángulo Q

Esta prueba es indispensable para la exploración biomecánica del miembro inferior, para delimitar síndromes de mala alineación postural.

Método: Es la medición estática del ángulo que forma el tendón rotuliano con el del recto femoral, en el cual se procede a tomar las medidas con el paciente en decúbito supino, con la extremidad relajada y en posición anatómica. Se coloca el eje del goniómetro en la parte media de la rótula, el brazo fijo sobre el muslo en dirección a la espina ilíaca anterosuperior, el brazo móvil se coloca sobre la tuberosidad de la tibia. **Resultados:** En los hombres el rango normal estará entre los 10° - 15° , y en las mujeres de 10° - 19° , los ángulos con valores inferiores nos darían un genu varum, condromalacia, rótula alta; mientras que, los valores superiores dictan un genu valgum, anteversión femoral aumentada, disfunción femororrotuliana (47).

2.11. Marco legal y ético

2.11.1. Constitución de la República del Ecuador

La constitución de la República del Ecuador aprobada en el 2008 tiene como referencia varios puntos que sustentan la siguiente investigación (48).

Título II: Derechos

Capítulo Segundo: Derechos del Buen Vivir

Sección séptima: Salud

Art. 32.- *“La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir” (48).*

Capítulo Tercero: Derechos de las personas y grupos de atención prioritaria

Art. 35.- *“Las personas adultas mayores, niñas, niños y adolescentes, mujeres embarazadas, personas con discapacidad, personas privadas de libertad y quienes adolezcan de enfermedades catastróficas o de alta complejidad, recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado. La misma atención prioritaria recibirán las personas en situación de riesgo, las víctimas de violencia doméstica y sexual, maltrato infantil, desastres naturales o antropogénicos. El Estado prestará especial protección a las personas en condición de doble vulnerabilidad” (48).*

Sección quinta: Niñas, niños y adolescentes.

Art. 44.- *“El Estado, la sociedad y la familia promoverán de forma prioritaria el desarrollo integral de las niñas, niños y adolescentes, y asegurarán el ejercicio pleno*

de sus derechos; se atenderá al principio de su interés superior y sus derechos prevalecerán sobre los de las demás personas” (48).

Art. 45.- *“Las niñas, niños y adolescentes gozarán de los derechos comunes del ser humano, además de los específicos de su edad. El Estado reconocerá y garantizará la vida, incluido el cuidado y protección desde la concepción” (48).*

Capítulo Cuarto: Derechos de las comunidades, pueblos y nacionalidades

Art. 56.- *“Las comunidades, pueblos, y nacionalidades indígenas, el pueblo afroecuatoriano, el pueblo montubio y las comunas forman parte del Estado ecuatoriano, único e indivisible” (48).*

Art. 58.- *“Para fortalecer su identidad, cultura, tradiciones y derechos, se reconocen al pueblo afroecuatoriano los derechos colectivos establecidos en la Constitución, la ley y los pactos, convenios, declaraciones y demás instrumentos internacionales de derechos humanos” (48).*

Título VII: Régimen del Buen Vivir

Capítulo primero: Inclusión y equidad

Sección segunda: Salud

Art. 358.- *“El sistema nacional de salud tendrá por finalidad el desarrollo, protección y recuperación de las capacidades y potencialidades para una vida saludable e integral, tanto individual como colectiva, y reconocerá la diversidad social y cultural. El sistema se guiará por los principios generales del sistema nacional de inclusión y equidad social, y por los de bioética, suficiencia e interculturalidad, con enfoque de género y generacional” (48).*

Art. 359.- “El sistema nacional de salud comprenderá las instituciones, programas, políticas, recursos, acciones y actores en salud; abarcará todas las dimensiones del derecho a la salud; garantizará la promoción, prevención, recuperación y rehabilitación en todos los niveles; y propiciará la participación ciudadana y el control social” (48).

Art. 360.- “El sistema garantizará, a través de las instituciones que lo conforman, la promoción de la salud, prevención y atención integral, familiar y comunitaria, con base en la atención primaria de salud; articulará los diferentes niveles de atención; y promoverá la complementariedad con las medicinas ancestrales y alternativas” (48).

2.11.2. Ley Orgánica de Salud

Título Preliminar

Capítulo I: Del derecho a la salud y su protección

Art. 1.- “La presente Ley tiene como finalidad regular las acciones que permitan efectivizar el derecho universal a la salud consagrado en la Constitución Política de la República y la ley. Se rige por los principios de equidad, integralidad, solidaridad, universalidad, irrenunciabilidad, indivisibilidad, participación, pluralidad, calidad y eficiencia; con enfoque de derechos, intercultural, de género, generacional y bioético” (49).

Art. 3.- “La salud es el completo estado de bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. Es un derecho humano inalienable, indivisible, irrenunciable e intransigible, cuya protección y garantía es responsabilidad primordial del Estado; y, el resultado de un proceso colectivo de interacción donde Estado, sociedad, familia e individuos convergen para la construcción de ambientes, entornos y estilos de vida saludables” (49).

2.11.3. Código de la Niñez y Adolescencia

Libro Primero: Los niños, niñas y adolescentes como sujetos de derechos

Título I: Definiciones

Art. 1.- Finalidad.- *“Este Código dispone sobre la protección integral que el Estado, la sociedad y la familia deben garantizar a todos los niños, niñas y adolescentes que viven en el Ecuador, con el fin de lograr su desarrollo integral y el disfrute pleno de sus derechos, en un marco de libertad, dignidad y equidad” (50).*

Art. 4.- Definición de niño, niña y adolescente. – *“Niño o niña es la persona que no ha cumplido doce años de edad. Adolescente es la persona de ambos sexos entre doce y dieciocho años de edad” (50).*

Art. 5.- Presunción de edad. – *“Cuando exista duda sobre la edad de una persona, se presumirá que es niño o niña antes que adolescente; y que es adolescente, antes que mayor de dieciocho años” (50).*

Título II: Principios fundamentales

Art. 12.- Prioridad absoluta. – *“En la formulación y ejecución de las políticas públicas y en la provisión de recursos, debe asignarse prioridad absoluta a la niñez y adolescencia, a las que se asegurará, además, el acceso preferente a los servicios públicos y a cualquier clase de atención que requieran” (50).*

Título III: Derechos, Garantías y Deberes

Capítulo II: Derechos de supervivencia

Art. 27.- Derecho a la salud. – *“Los niños, niñas y adolescentes tienen derecho a disfrutar del más alto nivel de salud física, mental, psicológica y sexual” (50).*

2.11.4. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida

Eje 1: Derechos para Todos Durante Toda la Vida

Objetivo 1: *Garantizar una vida digna con iguales oportunidades para todas las personas*

Políticas:

1.5. *“Fortalecer el sistema de inclusión y equidad social, protección integral, protección especial, atención integral y el sistema de cuidados durante el ciclo de vida de las personas, con énfasis en los grupos de atención prioritaria, considerando los contextos territoriales y la diversidad sociocultural” (51).*

1.6. *“Garantizar el derecho a la salud, la educación y al cuidado integral durante el ciclo de vida, bajo criterios de accesibilidad, calidad y pertinencia territorial y cultural” (51).*

CAPÍTULO III

3. Metodología de la Investigación

3.1. Tipo de investigación

Este estudio es cuali-cuantitativo porque recogió, analizó y vinculó datos cuantitativos y cualitativos de las características de los sujetos de la muestra para responder al planteamiento del problema (52).

El presente estudio tuvo un tipo de investigación descriptiva ya que especificó ciertas características de la muestra de estudio, en este caso describiendo las huellas plantares y la angulación de cadera y rodilla en los adolescentes de la Unidad Educativa “Valle del Chota” (52).

También es de enfoque correlacional ya que determinó la asociación o relación entre las variables establecidas del grupo de estudio, mediante aplicación de técnicas estadísticas (52).

3.2. Diseño de la Investigación

El diseño de este estudio es no experimental, debido a que la población fue observada en su contexto natural sin manipulación deliberada de las variables propuestas para su posterior análisis (52).

Tuvo diseño de corte transversal ya que la recolección de datos sobre la huella plantar y la angulación de cadera y rodilla obtenidos en la evaluación aplicada a los adolescentes se realizó en un tiempo determinado o momento único (52).

3.3. Localización y Ubicación del Estudio

La presente investigación se realizó en la de la Unidad Educativa “Valle del Chota”, ubicada en la comunidad de Carpuela perteneciente a la parroquia Ambuquí, que se localiza a 40 km. de la ciudad de Ibarra, capital de la provincia de Imbabura (53).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La Unidad Educativa “Valle del Chota” cuenta con 113 adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad.

3.4.2. Muestra

Una vez aplicados los criterios de inclusión, exclusión y salida, la muestra quedó determinada por 63 adolescentes afroecuatorianos de las edades entre 10 y 19 años.

3.4.3. Criterios de Inclusión

- Adolescentes que pertenezcan a la Unidad Educativa “Valle del Chota”.
- Adolescentes que tengan firmado el consentimiento informado por su representante legal.
- Aquellos que cumplan el rango etario entre 10 y 19 años de edad.
- Personas de etnia afroecuatoriana.
- Quienes asistan el día de la evaluación.

3.4.4. Criterios de Exclusión

- Adolescentes que no cumplan los criterios de inclusión.
- Quienes presenten discapacidad física o enfermedades neurológicas.
- Aquellos con lesiones del SOMA de miembro inferior en los últimos 6 meses.

3.4.5. Criterios de Salida

- Retiro de la institución o muerte

3.5. Operacionalización de Variables

VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN	CLASIFICACIÓN	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN
Edad	Cuantitativa Ordinal	Ficha de caracterización	10 a 19 años	Duración de cada uno de los períodos en que se considera dividida la vida humana (54).
Género	Cualitativa Nominal	Ficha de caracterización	Masculino	Se refiere a los conceptos sociales de las funciones, comportamientos, actividades y atributos que cada sociedad considera apropiados para los hombres y las mujeres (6).
			Femenino	

VARIABLES DE INTERÉS	CLASIFICACIÓN	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN
Huella plantar	Cualitativa Nominal	Índice del Arco	Pie cavo: $\leq 0,21$	Es el reflejo de las estructuras anatómicas del pie, que sirven para un análisis (23).
			Pie normal: $0,21 < IA < 0,26$	
			Pie plano: $\geq 0,26$	

Angulación cadera	Cualitativa Nominal	Test de Craig	Retroversión femoral: <8°		El ángulo que forma la región donde se une la diáfisis femoral con la pelvis en el acetábulo (55).
			Normal: 8-15°		
			Anteversión femoral: >15°		
Angulación rodilla	Cualitativa Nominal	Ángulo Q	Masculino	Varo: <10°	Angulación conformada entre el eje del cuádriceps y con el tendón rotuliano (56).
				Normal: 10-15°	
				Valgo: >15°	
			Femenino	Varo: <10°	
				Normal: 10-19°	
				Valgo: >19°	

3.6. Métodos Recolección de Información

3.6.1. Métodos Teóricos:

Método bibliográfico

Este método implicó detectar, consultar y obtener la bibliografía para los propósitos del estudio de donde se extrajo y se recopiló información necesaria para fundamentar los conocimientos en el capítulo perteneciente al marco teórico (52).

Método analítico

Este método consintió en descomponer o extraer las partes o elementos de lo estudiado, con el objetivo de analizar óptimamente las causas, la naturaleza y los efectos de los mismos dentro de la investigación (52).

3.6.2. Métodos Empíricos:

Método observacional

Este método, el cual consiste en el registro sistemático, válido y confiable; en este estudio se enfocó en aspectos concretos del grupo para describir y explicar el comportamiento de los sujetos de la muestra de acuerdo a las variables, por ello se estableció la aplicación de diferentes instrumentos y así detectar las manifestaciones presentes en la población de estudio para identificar el problema y objeto de la investigación (52).

Método estadístico

El método estadístico ayudó a indicar si una diferencia entre las variables es o no significativa. Mediante una secuencia de procedimientos a manejar los datos cualitativos y cuantitativos para obtener los resultados que se organizaron en una matriz de Excel, para su posterior tabulación y análisis de datos en tablas estadísticas. También se utilizó el programa estadístico SPSS para tabular las frecuencias de cada variable y para relacionar las variables de huella plantar y rodilla, y también huella plantar y cadera además de determinar su nivel de significancia (52).

3.7. Métodos de Recolección de Información

3.7.1. Técnicas

- **Encuesta:** Es una técnica de recolección que puede ser oral o escrita, con el fin de obtener información del grupo o muestra de estudio o la opinión sobre un tema. Dicha información es válida sólo para el tiempo en que se realiza el estudio. En esta investigación se utilizó encuesta escrita que, a través de un cuestionario se recolectó los datos necesarios (57).
- **Observación:** Se refiere a la percepción visual, empleando distintas formas y registrando posibles respuestas que se encuentran para posteriormente

registrarlas como datos. Existen directas, que fue la utilizada en este estudio, en la que el investigador observa y recoge los datos, producto de su observación; y las indirectas que se fundamentan en la corroboración de datos de otros investigadores, como testimonios (58).

3.7.2. Instrumentos

- **Índice del Arco** (Cualitativo): Se obtuvo la proporción de las áreas de contacto (antepié, mediopié y retropié) de las diferentes partes de la huella plantar. Posterior a ello se ocupó el software AreaCalc v. 1.0.0.1. en el cual se trazan líneas (ejes) en la imagen posteriormente escaneada que divide la huella plantar en sus áreas y se realiza el relieve de las mismas, sin contar los dedos, para luego obtener el resultado, ya sea, pie cavo, pie normal o pie plano.
- **Test de Craig** (Cualitativo): Determinó la anteversión y retroversión del fémur, mediante medición goniométrica.
- **Ángulo Q** (Cualitativo): Midió el ángulo que se forma al dibujar una línea entre la espina ilíaca anterosuperior hacia el centro de la rótula y otra que va desde la rótula hasta el centro de la tuberosidad anterior de la tibia. Los resultados de este instrumento son: varo, normal, valgo.

3.8. Validación de Instrumentos

Índice del Arco. – Este test fue creado y publicado por primera vez por Cavanagh y Rodgers en 1986; en un estudio analítico entre dos métodos en el año 2017 se determinó que este método es más apropiado para evaluar los pies por su consistencia al emplear áreas de apoyo plantar y al excluir el área de apoyo de los dedos, encontrándose diferencias significativas en el hombre, en pie derecho ($p < 0,0001$, $ES = 0,9577$) y en pie izquierdo ($p < 0,0001$, $ES = 0,9560$) y en mujeres, en pie derecho ($p < 0,0001$, $ES = 0,9264$) y en el izquierdo ($p < 0,0001$, $ES = 0,9314$) (44).

Test de Craig. – En un estudio realizado sobre la cinemática de extremidad más baja en los atletas con y sin historia de dolor medial, se determinó que la prueba o test de Craig tiene una confiabilidad alta y se informa en la literatura que varía entre 0.80-0.90 (46).

Ángulo Q. – Este instrumento fue descrito por primera vez por Brattstroem y en el estudio del 2016 que utilizaron el Ángulo Q en el dolor patelofemoral, relacionándolo con el valgo dinámico de rodilla, torque del abductor de la cadera, dolor y función, demostró que la confiabilidad intra e inter evaluador ha sido bien establecida en la literatura (59).

CAPÍTULO IV

4. Análisis e interpretación de datos

Tabla 1

Resultados de la Caracterización según Edad y Género

Edad	Género		Total
	Masculino	Femenino	
10 a 13	12	25	37
	19,0%	39,7%	58,7%
14 a 16	4	5	9
	6,3%	7,9%	14,3%
17 a 19	13	4	17
	20,6%	6,3%	27,0%
Total	29	34	63
	46,0%	54,0%	100,0%

De la muestra obtenida de los adolescentes de la Unidad Educativa “Valle del Chota”, se observa que el mayor porcentaje corresponde a 58,7% de adolescentes con edades de 10 a 13 años, de los cuáles el 39,7% corresponde al género femenino y el 19,0% al género masculino.

Los presentes datos difieren con respecto al estudio de Ramos-Álvarez, et al., realizado en el 2016 indica mayor predominio del género masculino con el 64,7% (60).

Tabla 2

Resultados del Tipo de Huella Plantar

Tipo de huella	Frecuencia	Porcentaje
Cavo	7	11,1%
Normal	31	49,2%
Plano	25	39,7%
Total	63	100,0%

Según los resultados de la aplicación del Índice del Arco para huella plantar se encontró mayor porcentaje con el 49,2% de adolescentes presentaban pie normal, seguidos del 39,7% de huellas plantares de tipo plano, finalmente 11,1% huellas plantares de tipo cavo. Datos que fueron comparados con un estudio realizado en la población urbana del Municipio de Pamplona, España en 2014 en donde se evidenció predominio de pies planos (61). En la población de Perú en el 2017 muestra mayor presencia de pie cavo (62). Y, el estudio realizado al Sur de la India en el 2017 destacó el pie plano (63); difiriendo todos estos datos con los del presente estudio.

Tabla 3

Resultados de la Angulación de Cadera

Angulación cadera	Frecuencia	Porcentaje
Retroversión femoral	40	63,5%
Normal	22	34,9%
Anteversión femoral	1	1,6%
Total	63	100,0%

En los resultados obtenidos se puede observar que predominó un porcentaje del 63,5% de adolescentes con retroversión femoral, seguido del 34,9% de alineación normal y finalmente el 1,6% con anteversión femoral. Los datos del presente estudio coinciden con uno realizado por Guirao, evaluando a 30 personas donde encuentra el 76,6% de retroversiones femorales (64). Al igual que la publicación elaborada por Tannenbaum, et al, que de 1080 el 81,29% de personas destacaron retroversión femoral (65).

Tabla 4

Resultados de la Angulación de Rodilla

Angulación rodilla	Frecuencia	Porcentaje
Varo	11	17,5%
Normal	43	68,3%
Valgo	9	14,3%
Total	63	100,0%

Luego de aplicar el test del Ángulo Q a los adolescentes se determinó que en su mayoría con el 68,3% de la muestra presentaron alineación normal en rodilla, seguido de 17,5% con angulación en varo, y el 14,3% restante con angulación de rodilla en valgo. Los estudios denominados: “Caracterización postural en deportistas de 11 a 16 años de la escuela de tenis de Comfacaucá” del año 2014, muestra una mayor presencia de angulación de rodilla normal con el 70% (66). Al igual que la investigación “Test de Zohlen y su relación con el ángulo Q en población sin dolor patelofemoral” realizada en el 2015, donde predominó la rodilla normal en su totalidad (67). Todos estos, son similares al presente estudio que destacó la angulación de rodilla normal.

Tabla 5

Relación entre la Huella Plantar y Angulación de Cadera

Huella plantar	Angulación de Cadera			Total
	Retroversión femoral	Normal	Anteversión femoral	
Cavo	5	2	0	7
	7,9%	3,2%	0,0%	11,1%
Normal	19	11	1	31
	30,2%	17,5%	1,6%	49,2%
Plano	16	9	0	25
	25,4%	14,3%	0,0%	39,7%
Total	40	22	1	63
	63,5%	34,9%	1,6%	100,0%

De acuerdo a los datos obtenidos de la relación entre huella plantar y angulación de cadera se demuestra que el porcentaje mayor siendo el 49,2% de huellas plantares de tipo normal, el 30,2% presentaron retroversión femoral, seguidos de 17,5% con alineación normal y el 1,6% tuvieron anteversión femoral. Los presentes datos coinciden con respecto al trabajo realizado en Francia a 24 personas con pie plano y 31 sujetos de un grupo control sin alteraciones demuestra que el 77,4% de los casos con pie plano y 70% de pacientes sin alteración en pie no presentan anomalías en cadera (68).

Tabla 6

Relación Huella Plantar y Angulación de Cadera según V de Cramer

Resultados relación huella plantar y angulación de cadera			
		Valor	Significación aproximada
Nominal por Nominal	Phi	,139	,875
	V de Cramer	,098	,875
N de casos válidos		63	

De acuerdo a la prueba estadística V de Cramer con un nivel de confianza del 95% y significancia de 0,05. Este estudio muestra un valor de significancia del 0,875, por lo cual no existe correlación significativa entre la huella plantar y angulación de cadera. Este resultado se asemeja con el estudio realizado por Khamis, et al, en 2015 donde tampoco existió relación entre el tipo de pie y la alineación en cadera (69).

Tabla 7

Relación entre la Huella Plantar y Angulación de Rodilla

Huella plantar	Angulación de Rodilla			Total
	Varo	Normal	Valgo	
Cavo	1	6	0	7
	1,6%	9,5%	0,0%	11,1%
Normal	8	22	1	31
	12,7%	34,9%	1,6%	49,2%
Plano	2	15	8	25
	3,2%	23,8%	12,7%	39,7%
Total	11	43	9	63
	17,5%	68,3%	14,3%	100,0%

De acuerdo a los resultados de la relación entre la huella plantar y angulación de rodilla mediante el ángulo Q, muestra que el mayor porcentaje representado con el 49,2% del total de huellas plantares tienen tipo normal, el 34,9% presentaron alineación normal, seguidos de 12,7% con angulación de rodilla en varo y el 1,6% tiene valgo. Los presentes datos coinciden con la investigación realizada por Yu Han, MD; et al, en el 2017, el cual destacó una relación entre el pie evaluado y la angulación de rodilla (70).

Tabla 8

Relación Huella Plantar y Angulación de Rodilla Según V de Cramer

Resultados relación huella plantar y angulación de rodilla			
		Valor	Significación aproximada
Nominal por Nominal	Phi	,442	,015
	V de Cramer	,312	,015
N de casos válidos		63	

Según la prueba estadística V de Cramer con un nivel de confianza del 95% y significancia de 0,05. El resultado del presente estudio muestra un valor de 0,312 con una significancia de 0,015, es decir, si existe una correlación significativa entre la huella plantar y la angulación de rodilla. Este resultado coincide con el estudio elaborado en China en el 2015, donde se mostró una significancia de 0,001 demostrando que existe una relación directa de la huella plantar con la angulación de rodilla (70).

4.1. Respuesta a las preguntas de investigación

¿Cómo se encuentra caracterizada la muestra según edad y género de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

La muestra según la edad se encuentra caracterizada por el 58,7% entre los 10 a 13 años del cual el 39,7% es género femenino y 19% de género masculino.

¿Cuál es el resultado obtenido en la evaluación de la huella plantar del pie dominante en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

El resultado obtenido de la evaluación de la huella plantar con el Índice del Arco, tomado de una plantigrafía, y obteniendo la proporción de las áreas de contacto de la misma, el 49,2% presentó huella plantar de tipo normal, seguidos de un 39,7% con tipo de pie plano, y un restante 11,1% de tipo de huella plantar cavo.

¿Cuál es el resultado de la angulación de cadera y rodilla del miembro inferior dominante en los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

El resultado de la angulación de cadera del miembro inferior dominante, gracias a la valoración con el Test de Craig, se identificó el 63,5% del total con retroversión femoral, continuando con el 34,9% de una alineación normal y por último el 1,6% de anteversión femoral.

De acuerdo a la angulación de rodilla del miembro inferior dominante, donde se utilizó el Ángulo Q, mediante la goniometría, el 68,3% del total se identificó con alineación normal, seguido del 17,5% de varo de rodilla, y el restante 14,3% con angulación de rodilla en valgo.

¿Qué relación existe entre la huella plantar y la angulación de cadera y rodilla de los adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad de la Unidad Educativa “Valle del Chota”?

Después de realizar el cruce de las variables de la huella plantar y la angulación de cadera se determinó que del total de 49,2% de adolescentes que presentaron un tipo de pie normal, 30,2% tienen una retroversión en cadera, seguidos del 17,5% con una alineación normal y finalmente el 1,6% de anteversión femoral. Al aplicar la prueba estadística V de Cramer se mostró una significación de 0,875 determinando que no existe una relación significativa; mientras que, el cruce de variables de la huella plantar y la angulación de rodilla se observó que del 49,2% con tipo de pie normal, el 34,9% resultaron con alineación normal en rodilla, seguidos del 12,7% con rodillas en varo, y el restante 1,6% con una angulación de rodilla en valgo. Luego de la aplicación de la prueba V de Cramer mostró un valor de 0,312 con una significancia de 0,015 el cual determinó que si existe una relación significativa entre las variables.

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- En la caracterización de la muestra por edad y género se evidenció un predominio en las edades de 10 a 13 años de edad de género femenino.
- La evaluación de la huella plantar del pie dominante se determinó que la mayoría se encontraron normales.
- Se identificó que en la angulación de cadera y rodilla de miembro inferior dominante los adolescentes presentaron predominio de retroversión femoral y rodillas normales.
- No existe relación entre la huella plantar y angulación de cadera, mientras que, entre la huella plantar y angulación de rodilla si existe una relación significativa.

5.2. Recomendaciones

- Se necesita mayor investigación a nivel local, provincial y nacional sobre los factores asociados para el desarrollo de las alteraciones para obtener datos y material que es importante para futuros trabajos similares.
- Dar a conocer este estudio a los profesionales de salud para valorar, diagnosticar y ofrecer tratamientos a aquellas alteraciones encontradas en edades tempranas del desarrollo del adolescente.
- Sería importante examinar en etnias y rangos etarios distintos para tener mayor comparación de resultados entre dichas características de la población.
- Profundizar en el conocimiento de los instrumentos y herramientas aplicadas para el diagnóstico y evaluación fisioterapéutica es de gran aporte para el profesional que está presto a servir a la comunidad.

Bibliografía

1. Damiano J. Diagnóstico de dolor en el pie adulto. EMC-Aparato locomotor. 2017 Marzo; L(1). doi: 10.1016/S1286-935X(16)82823-3
2. Buceta I. El bipedismo: Alteraciones del pie en estática y sus relaciones con niveles ascendentes. Tesis. España: Universidade da Coruña, Facultade de Enfermeria e Podoloxia; 2013.
3. Vidal L. Pie plano y su relación con la postura pélvica en escolares del Instituto Educativo Primaria República de Irlanda-Distrito de Pueblo Libre. Tesis. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina Humana San Fernando ; 2014.
4. Zambrano LM. “Prevalencia de las alteraciones de la huella plantar y sus efectos colaterales en niños de 3 y 4 años de edad. Centros infantiles del Buen Vivir del MIES. Cuenca 2014 - 2015”. Tesis. Cuenca: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Medicas; 2015.
5. Paredes A. “El pie plano y su incidencia en las alteraciones de la rodilla en los estudiantes de 3 a 11 años de la Unidad Educativa Santa Rosa”. Tesis. Ambato: Universidad Tecnica de Ambato, Facultad Ciencias de la Salud; 2015.
6. Organización Mundial de la Salud. Organización Mundial de la Salud. [Online]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2014 [cited 2019 Enero 5. Available from: <http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd48/basic-documents-48th-edition-sp.pdf#page=1>.
7. Güemes-Hidalgo M, Ceñal González-Fierro MJ, Hidalgo Vicario MI. Pubertad y adolescencia. Adolescere [Online]. 2017 [cited 2019 Jun 7]; Febrero; V(I). Available from: <https://www.adolescenciasema.org/ficheros/REVISTA%20ADOLESCERE/vol5num1-2017/07-22%20Pubertad%20y%20adolescencia.pdf>
8. Thibodeau GA, Patton KT. Estructura y Función del cuerpo humano. Catorce ed. Barcelona: Elsevier; 2012.

9. Patton KT, Thibodeau GA. Anatomía y Fisiología. Octava ed. Barcelona: Elsevier; 2013.
10. Iglesias Diz JL. Desarrollo del adolescente: aspectos físicos, psicológicos y sociales. *Pediatría Integral* [Online]. 2013 [cited 2019 Jun 8]; XVII(2). Available from: <https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2013/xvii02/01/88-93%20Desarrollo.pdf>
11. Bonnel F, Teissier P. Anatomía topográfica del pie. *EMC - Podología*. 2013 Febrero; XV(1): p. 1-13. doi: 10.1016/S1762-827X(13)64005-5
12. Luengas C. A, Díaz H. F, González M. L. Determinación de tipo de pie mediante procesamiento de imágenes. *Ingenium* [Online]. 2016 [cited 2019 Jun 8]; Mayo; XVII(34): p. 147-161. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5762962>
13. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus: texto y atlas de anatomía. Tercera ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
14. Rouvière H, Delmas A. Anatomía Humana: descriptiva, topográfica y funcional. Tomo 3. 11th ed. Barcelona: Masson; 2005.
15. Viladot A. Patología del antepié. Cuarta ed. Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2001.
16. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. Trece ed. Madrid: Edtiroail Médica Panamericana; 2013.
17. Cailliet R. Anatomía Funcional, biomecánica. Primera ed. Madrid: Marbán Libros; 2006.
18. Moore L, Dalley AF, Agur AMR. Anatomía con orientación clínica. 7th ed. Barcelona: Lippincott. Williams. Wilkins ; 2013.
19. Núñez-Samper Pizarroso M, Llanos Alcázar LF. Biomecánica, medicina y cirugía del pie. Segunda ed. Barcelona: Masson; 2007.
20. Kapandji AI. Fisiología Articular: esquemas comentados de mecánica humana. 6th ed. Madrid: Médica Panamericana; 2010.

21. Villadot Voegeli A. Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor
Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2001.
22. Stenhouse L. Lo esencial en Anatomía. Cuarta ed. Horton-Szar D, editor.
Barcelona: Elsevier ; 2013.
23. Aguilera J, Heredia JR, Peña G. G-SE. [Online].; 2015 [cited 2019 Enero 30].
Available from: <https://g-se.com/huella-plantar-biomecanica-del-pie-y-del-tobillo-propuesta-de-valoracion-bp-b57cfb26db4ec3>.
24. Viladot Pericé A. Quince lecciones sobre patología del pie. Segunda ed.
Barcelona: Springer-Verlag Ibérica; 2000.
25. León Pérez S, Calero Morales S, Chávez Cevallos E. Morfología funcional y
biomecánica deportiva. Revisión científica. Sangolquí: Universidad de las
Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias Humanas y Sociales; 2016.
Report No.: ISBN: 978-9978-301-23-4.
26. Delgado Abellán L. Morfología del pie infantil. Evolución y ejercicio físico.
Tesis doctoral. Toledo: Universidad de Castilla-La Mancha, Departamento de
Actividad Física y Ciencias del Deporte; 2015.
27. Larrosa M MS. Alteraciones de la bóveda plantar. Rev Esp Reumatol. [Online].;
2003 [cited 2019 Enero 8]; XXX(9): p. 489-98. Available from:
<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-reumatologia-29-pdf-13055069>
28. Estévez A, García Y, Licea M, Alfonso Fundora A, Álvarez H. Identificación de
las deformidades podálicas en personas con diabetes mellitus, una estrategia para
prevenir amputaciones. Revista Cubana de Endocrinología. [Online].; 2013
[cited 2018 Diciembre 15]; Septiembre-diciembre; XXIV(3): p. 297-313.
Available from: <http://scielo.sld.cu/pdf/end/v24n3/end06313.pdf>
29. Barra S. M. Relación entre los tipos de pie y las alteraciones de la oclusión dental,
en niños entre 5 y 7 años. Discrepancias al cabo de uno, dos y cuatro años. Tesis
doctoral. Sevilla: Universidad de Sevilla, Departamento de Podología; 2015.

30. Cala Pérez L, Losa Iglesias ME. Prevalencia de alteraciones musculoesqueléticas en el pie infantil: estudio preliminar. *Revista Internacional de Ciencias Podológicas*. 2015; IX(1). doi: 10.5209/rev_RICP.2015.v9.n1.47312
31. Drake RL, Vogl AW, Mitchell A. Gray. *Anatomía básica*. Segunda ed. Barcelona: Elsevier; 2018.
32. Nordin M, Frankel VH. *Biomecánica Básica del Sistema Musculoesquelético*. Tercera ed. Madrid: McGraw Hill; 2004.
33. Gilroy AM. *Prometheus: Anatomía. Manual para el estudiantes*. Primera ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2015.
34. Córdova Constantino J, Regino Juan C, de la Cruz Gil , López Morales , Pimentel Domínguez. Prevalencia de defectos posturales de miembros inferiores en pacientes de 2 meses a 14 años de edad del Centro de Rehabilitación y Educación Especial de Tabasco. *Salud en Tabasco*. [Online].; 2015 [citen 2018 Diciembre 4]; Mayo-Agosto, Septiembre-Diciembre; XXI(2 y 3). Available from: <http://www.redalyc.org/pdf/487/48745738003.pdf>
35. Sánchez S, Ortega X, Baar A, Lillo S, De la Maza A, Moenne K, et al. Asimetría de extremidades inferiores: Evaluación por imágenes en la edad pediátrica. *Rev. chil. radiol*. 2013; XIX(4). doi: 10.4067/S0717-93082013000400007
36. Montón Álvarez JL, Sáez Fernández AL, Fernández Rodríguez T. La rodilla en la infancia y adolescencia. *Pediatr Integral*. [Online].; 2014 [citen 2018 Diciembre 15]; XVIII(7). Available from: <https://www.pediatriaintegral.es/wp-content/uploads/2014/xviii07/02/425-441.pdf>
37. Monnier M, Olate M, Acosta P. *Servicio de Salud Araucanía Sur*. [Online].; 2016 [cited 2019 Abril 5. Available from: <https://www.araucaniasur.cl/wp-content/uploads/2016/01/PROTOCOLO DE PIE PLANO.pdf>.
38. Miralles Marrero C, Miralles Rull I. *Biomecánica clínica de las patologías del aparato locomotor*. Primera ed. Barcelona: Elsevier; 2007.
39. Baroni EL. Genuvaro? Varo Fisiológico. *Medicina Infantil*. [Online].; 2013 [cited 2019 Enero 7]; Junio; XX(2). Available from: http://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2013/xx_2_133.pdf

40. Donoso Garrido P. Kinesiología básica y kinesiología aplicada. Tercera ed. Quito: PROPUMED; 2011.
41. Lebed D. Modelo biomecánico de una pelvis humana para la simulación de lesiones de la sínfisis púbica. Trabajo Fin de Grado. Sevilla: Universidad de Sevilla, Dep. Ingeniería Mecánica y Fabricación; 2016.
42. De Pablos J. Deformidades Angulares de las Extremidades Inferiores en la Edad Infantil y Adolescencia. Segunda ed. Pamplona: Global Help; 2010.
43. Aguado X, Izquierdo M, González JL. Biomecánica fuera y dentro del laboratorio. León: Universidad de León; 1997. Report No.: ISBN: 84-7719-626-5.
44. Sánchez R C. Análisis de dos métodos de evaluación de la huella plantar: índice de Hernández Corvo vs. Arch Index de Cavanagh y Rodgers. Fisioterapia. 2017 marzo; XXXIX(5). doi: 10.1016/j.ft.2017.01.002
45. Berdejo-del-Fresno D, Lara Sánchez AJ, Martínez-López EJ, Cachón Zagalaz JyLS. Alteraciones de la huella plantar en función de la actividad física realizada. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. [Online].; 2013 [cited 2019 Enero 8]; junio; XIII(49). Available from: <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista49/artalteraciones340.pdf>
46. Loudon K, Reiman. Lower extremity kinematics in running athletes with and without a history of medial shin pain. The International Journal of Sports Physical Therapy. 2012 agosto; VII(4).
47. Palmer ML, Epler ME. Fundamentos de las Técnicas de Evaluación Musculoesquelética. Primera ed. Badalona: Editorial Paidotribo; 2002.
48. Asamblea Constituyente. Constitución Política del Ecuador. [Online].; 2008 [cited 2018 Diciembre 17. Available from: https://www.oas.org/juridico/pdfs/mesicic4_ecu_const.pdf.
49. El Congreso Nacional. Secretaría Técnica Plan Toda Una Vida. [Online].; 2012 [cited 2019 Enero 13. Available from: <https://www.todaunavida.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/SALUD->

LEY_ORGANICA_DE_SALUD.pdf?fbclid=IwAR2EIX-eOZxB5zOM4TE6L3nCNKmjjHKPzSjBqsNz07Ru_2605U_25YWhC4E.

50. El Congreso Nacional. [Online].; 2014 [cited 2019 Enero 13. Available from: https://www.igualdad.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/11/codigo_ninezyadolescencia.pdf.
51. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, SENPLADES. Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. [Online].; 2017 [cited 2019 Enero 13. Available from: http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf.
52. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio MdP. Metodología De La Investigación: Roberto Hernández Sampieri, Carlos Fernández Collado Y Pilar Baptista Lucio. Sexta ed. México D.F.: McGraw-Hill; 2014.
53. GAD Parroquial Rural de Ambuquí. Plan Operativo Anual. [Online].; 2015 [cited 2019 Enero 19. Available from: <http://www.ambuqui.gob.ec/admin/files/POA-2015-GOBIERNO-PARROQUIAL-DE-AMBUQUI.pdf>.
54. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española. [Online].; 2018 [cited 2019 Junio 26. Available from: <https://dle.rae.es/?id=EN8xffh>.
55. Barclay F, Arcuri F, Nacul I. Ligamento Cruzado Anterior: Reconstrucción Transtibial vs. Transportal, Evaluación Radiológica de la Posición del Túnel Femoral y Tibial. Artroscopia. [Online].; 2014 [cited 2019 Junio 26]; XXI(2): p. 45-49. Available from: https://revistaartroscopia.com/images/artroscopia/volumen-21-nro-2/PDF/RA_21_02_05_barclay.pdf.
56. Physical Tech. Physical Tech. [Online].; 2017 [cited 2019 Junio 26. Available from: <http://physicaltech.com/wp-content/uploads/2017/07/anguloQ-es.pdf>.
57. Arias F. El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. Sexta ed. Caracas: EPISTEME, C.A.; 2012.

58. Gómez Bastar S. Metodología de la Investigación. Primera ed. Tlalnepantla: RED TERCER MILENIO S.C.; 2012.
59. Almeida G, Silva A, França F, Magalhães M, Burke T, Marques A. Q-angle in patellofemoral pain: relationship with dynamic knee valgus, hip abductor. Rev Bras Ortop. 2016 Marzo-abril; LI(2). doi: 10.1016 / j.rboe.2016.01.010
60. Ramos-Álvarez JJ, Del Castillo-Campos MJ, Polo-Portés E, Lara-Hernández , Jiménez-Herranz , Naranjo-Ortiz. Estudio comparativo entre deportes simétricos y asimétricos mediante análisis estructural estático en deportistas adolescentes. Arch Med Deporte. [Online].; 2016 [cited 2019 Enero 8]; julio; XXXIII(2). Available from: http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or2_alvarez.pdf
61. Cáceres B. ZT. Tipificación de la huella plantar de escolares entre 6 y 8 años de edad de población urbana del Municipio de Pamplona. Mov.cient. [Online].; 2014 [cited 2019 Enero 10]; enero-diciembre; VIII(1). Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5156973>
62. Inquilla Apaza , Padilla Cáceres , Macedo Valdivia , Olaguivel H. Relación de la Maloclusión dentaria con postura corporal y huella plantar en un grupo de adolescentes aymaras. Rev. Investig. Altoandín. 2017 julio-agosto-septiembre; XIX(3). doi: 10.18271/ria.2017.290
63. Pranati T, Yuvraj Babu K, Ganesh K. Assessment of Plantar Arch Index and Prevalence of Flat Feet among South Indian Adolescent Population. J. Pharm. Sci. & Res. [Online].; 2017 [cited 2019 Enero 18]; IX(4). Available from: https://www.researchgate.net/publication/324679004_Assessment_of_Plantar_Arch_Index_and_Prevalence_of_Flat_Feet_among_South_Indian_Adolescent_Population
64. Guirao S. Análisis de las diferencias de dominancia de los miembros inferiores en futbolistas. Trabajo de fin de grado. Elche: Universidad Miguel Hernández, Departamento de Psicología de la Salud. Enfermería; 2016.
65. Tannenbaum EP, Zhang P, Maratt JD, Gombera MM, Holcombe SA, Wang SC, et al. A Computed Tomography Study of Gender Differences in Acetabular

- Version and Morphology: Implications for Femoroacetabular Impingement. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2015 julio; XXI(7). doi: 10.1016/j.arthro.2015.02.007
66. Muñoz Martínez AP, Guerrero Pepinosa NY, Romero Hormaza DF, Portela Delgado E, Rojas Lizarazo DA. Caracterización postural en deportistas de 11 a 16 años de la escuela de tenis de Comfacauca. *Mov.cient. [Online].*; 2014 [cited 2019 Marzo 25]; Enero-diciembre; VIII(1). Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5156977>
 67. Figueroa F, Izquierdo G, Bravo JT, Contreras M, Santibáñez C, Torrens JP, et al. Test de Zohlen y su relación con el ángulo Q en población sin dolor patelofemoral. *Revista Chilena de Ortopedia y Traumatología*. 2015 Mayo-agosto; LVI(2): p. 13-17. doi: 10.1016/j.rchot.2015.09.004
 68. Cebulski-Delebarre A, Boutry N, Szymanski C, Maynou C, Lefebvre G, Amzallag-Bellenger E, et al. Correlation between primary flat foot and lower extremity rotational misalignment in adults. *Diagnostic and Interventional Imaging*. 2016 Noviembre; XCVII(11). doi: 10.1016/j.diii.2016.01.011
 69. Khamis S, Dar G, Peretz C, Yizhar Z. The Relationship Between Foot and Pelvic Alignment While Standing. *Journal of Human Kinetics*. 2015 Julio; XLVI(1): p. 85-97. doi: 10.1515/hukin-2015-0037
 70. Han Y, Duan D, Zhao K, Wang X, Ouyang L, Liu G. Investigation of the Relationship Between Flatfoot and Patellar Subluxation in Adolescents. *The Journal of Foot & Ankle Surgery*. 2017 Enero-febrero; LVI(1): p. 15-18. doi: 10.1053/j.jfas.2016.10.001

ANEXOS

Anexo 1. Oficio de autorización de la institución



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001 - 073 - CEAACES - 2013 - 13

Ibarra - Ecuador

CARRERA TERAPIA FÍSICA MÉDICA

Ibarra, 28 de febrero del 2019.
Oficio 311-TFM-UTN

Licenciado
Luis Germánico Chala
RECTOR DE LA UNIDAD EDUCATIVA "VALLE DEL CHOTA"
Presente

Señor Rector;

Reciba un atento saludo de quienes conformamos la Carrera de Terapia Física Médica de la Universidad Técnica del Norte.

Comedidamente solicito a usted autorizar el desarrollo del Trabajo de Grado "Estudio de la Huella Plantar y su Relación con la Angulación de Cadera y Rodilla en Adolescentes Afroecuatorianos entre 10 y 19 Años de Edad en la Unidad Educativa Valle del Chota", y permitir que el señor Jiménez Mejía Kevin Xavier, en la fecha y hora que de mutuo acuerdo se estime conveniente; proceda a realizar la evaluación correspondiente y la aplicación de tests a las y los adolescentes de la institución que acertadamente usted dirige.

Cabe indicar a usted, que el desarrollo del mencionado trabajo de investigación, es de carácter estrictamente académico, y estará dirigido por la Magister Daniela Zurita, y que concluido el mismo se socializará los resultados.

Por su favorable atención a la presente, le agradezco y me despido.

Atentamente,
"CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO"

MSC. Rocío Castillo A.
DECANA

Anabel R.



Recibido
2019-02-04

MISSION INSTITUCIONAL

"Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país.
Formar profesionales comprometidos con el cambio social y con la preservación del medio ambiente".

Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo
Teléfono: 2609-420 Ext. 7407 Casilla 199

Anexo 2. Oficio de autorización del distrito de educación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN Nro. 001 – 073 – CEAACES – 2013 – 13

Ibarra – Ecuador

CARRERA TERAPIA FÍSICA MÉDICA

Ibarra, 07 de marzo del 2019.
Oficio 316-TFM-UTN

Ingeniera
Jaqueline Robles
DIRECTORA DEL DISTRITO 10 D01
Presente

Directora:

Reciba un atento saludo de quienes conformamos la Carrera de Terapia Física Médica de la Universidad Técnica del Norte.

Comedidamente solicito a usted autorizar el desarrollo del Trabajo de Grado “Estudio de la Huella Plantar y su Relación con la Angulación de Cadera y Rodilla en Adolescentes Afro ecuatorianos entre 10 y 19 Años de Edad en la Unidad Educativa “Valle del Chota”, y permitir que el señor Jiménez Mejía Kevin Xavier, en la fecha del día Martes 12 al día Martes 19 y hora que de mutuo acuerdo se estime conveniente; proceda a realizar la evaluación correspondiente y la aplicación de tests a las y los adolescentes de la institución.

Cabe indicar a usted, que el desarrollo del mencionado trabajo de investigación, es de carácter estrictamente académico, y estará dirigido por la Magister Daniela Zurita, y que concluido el mismo se socializará los resultados.

Por su favorable atención a la presente, le agradezco y me despido.

Atentamente,
“CIENCIA Y TÉCNICA AL SERVICIO DEL PUEBLO”

MSC. Rocío Castillo A.
DECANA



Anabel R.

0557-AD
07 MAR 2019
Distrito Educativo 10
UNIDAD
ATENCIÓN CIUDADANA

MISIÓN INSTITUCIONAL

“Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país.
Formar profesionales comprometidos con el cambio social y con la preservación del medio ambiente”.

Ciudadela Universitaria Barrio El Olivo
Teléfono: 2609-420 Ext. 7407 Casilla 109

Anexo 3. Oficio de aprobación del distrito de educación

MINISTERIO DE EDUCACIÓN



Oficio Nro. MINEDUC-CZ1-10D01-DDASR-2019-0560-O

Ibarra, 12 de marzo de 2019

Asunto: AUTORIZACION PARA EL DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO EN LA UNIDAD EDUCATIVA VALLE DEL CHOTA

Magister
Rocio Elizabeth Castillo Andrade
Decana Fcs
UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE
En su Despacho

De mi consideración:

En respuesta al Documento No. 0557-AP en el que solicita autorizar el desarrollo del Trabajo de Grado "Estudio de la Huella Plantar y su Relación con la Angulación de Cadera y Rodilla en Adolescentes Afro ecuatorianos entre 10 y 19 Años de Edad en la Unidad Educativa "Valle del Chota", y permitir que el señor Jiménez Mejía Kevin Xavier, del 12 al 19 de marzo pueda realizar la evaluación y aplicación de tests a las y los adolescentes de la institución nombrada; esta Dirección considerando que se trata de un trabajo de investigación y de carácter académico, emite el correspondiente visto bueno, disponiendo al Rector de la UE coordine horarios y cuente con la autorización escrita de los representantes legales de los estudiantes a ser evaluados.

Con sentimientos de distinguida consideración.

Atentamente,

Ldo. Ernesto Fabián Páez Reyes
ANALISTA DE APOYO, SEGUIMIENTO Y REGULACIÓN

Referencias:
- MINEDUC-CZ1-10D01-UDAC-2019-1745-E

Anexos:
- 0557 - I - AP - CASTILLO ROCIO 20190307_8605.pdf

ca/jr



Anexo 4. Consentimiento informado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE TERAPIA FÍSICA MÉDICA

CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN EL ESTUDIO.

Título de la investigación:

Estudio de la huella plantar y su relación con la angulación de cadera y rodilla en adolescentes afroecuatorianos entre 10 y 19 años de edad en la Unidad Educativa "Valle del Chota".

Nombre del Investigador: Kevin Xavier Jiménez Mejía

Yo, _____, con número de Cédula
_____ como representante legal y ejerciendo mi libre poder de
elección y mi voluntad expresa, por este medio, doy mi consentimiento para
que mi representado/a _____ pueda participar
en esta investigación.

He tenido tiempo suficiente para decidir mi participación, sin sufrir presión alguna y
sin temor a represalias en caso de rechazar la propuesta. Inclusive, se me ha dado
la oportunidad de consultarlo con mi familia y de hacer todo tipo de preguntas,
quedando satisfecho con las respuestas. La entrega del documento se realizó en
presencia de un testigo que dará fe de este proceso.

Firma _____ Fecha _____

Nombres y apellidos del investigador.

Firma _____ Fecha _____

Anexo 5. Fichas de evaluación

- Índice del Arco



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
TERAPIA FÍSICA MÉDICA

EVALUADOR: Jiménez Mejía Kevin Xavier

Nombre del evaluado: _____

Edad: _____ Género: _____

INDICE DEL ARCO				
Se obtiene la proporción de las áreas de contacto (antepié, mediopié y retropié) de las diferentes partes de la huella plantar, excluyendo los dedos. Dando tres posibilidades de resultado: pie cavo, pie normal o pie plano.				
Valores de referencia		Cálculo		Resultados
Pie Cavo	$\leq 0,21$	Derecho	$IA = \frac{B}{A + B + C} =$	IA =
Pie Normal	$0,21 < IA < 0,26$			
Pie Plano	$\geq 0,26$	Izquierdo	$IA = \frac{B}{A + B + C} =$	IA =

- **Test de Craig**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
TERAPIA FÍSICA MÉDICA

TEST DE CRAIG				
<p>Propósito: Determinar la anteversión y retroversión del fémur.</p> <p>Consiste en medir el ángulo de la cadera con un goniómetro para determinar el valor de anteversión o retroversión, utilizando el eje largo de la tibia, para ello se coloca la rodilla en 90 grados de flexión. El examinador rota la cadera en sentido medial y lateral, mientras palpa el área del trocánter mayor, hasta que el punto más externo se encuentra en la cara lateral de la cadera (el trocánter mayor es paralelo a la mesa en este punto).</p>				
Valores de referencia		Valores tomados		Resultados
Retroversión femoral	$< 8^\circ$	Derecho		
Normal	$8^\circ - 15^\circ$			
Anteversión femoral	$> 15^\circ$	Izquierdo		

- Ángulo Q



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
TERAPIA FÍSICA MÉDICA

ANGULO Q					
Consiste en realizar una medición del ángulo que se forma al dibujar una línea entre la espina iliaca anterosuperior hacia el centro de la rótula y otra que va desde la rótula hasta el centro de la tuberosidad anterior de la tibia dando como posibles resultados ángulo normal o valgo de rodilla.					
Valores de referencia			Valores tomados		Resultados
Ángulo de rodilla	Masculino	Femenino			
Varo	<10°	<10°	Derecho		
Normal	10-15°	10-19°			
Valgo	> 15°	> 19°	Izquierdo		

Anexo 6. Evidencias fotográficas

Fotografía N° 1



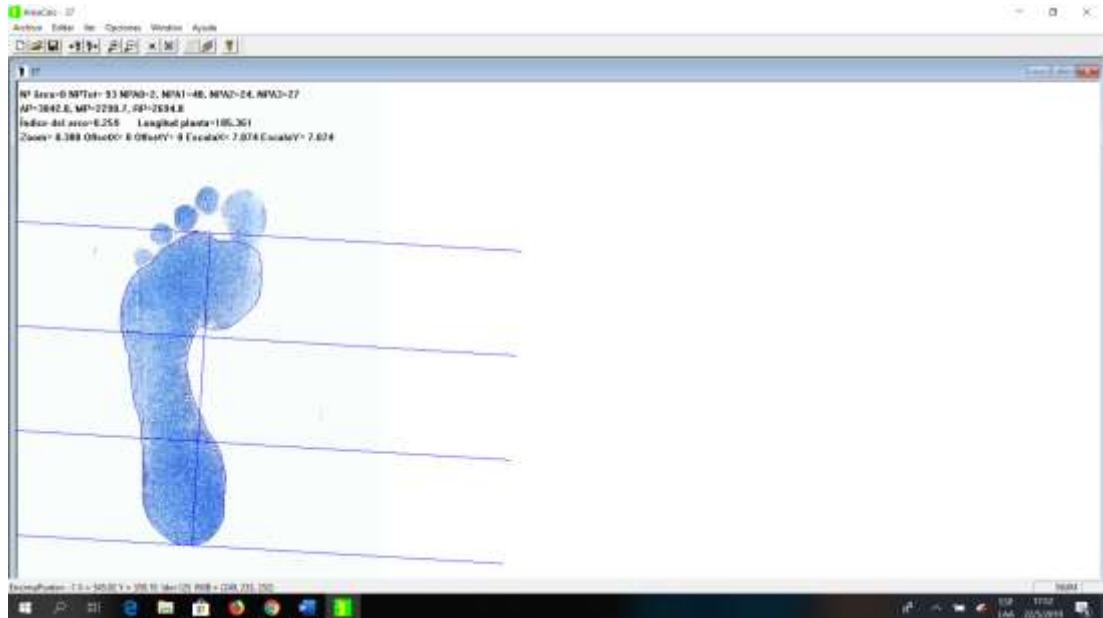
Socialización del estudio al participante, y recolección de datos de caracterización
(edad y género)

Fotografía N°2



Toma de la huella plantar

Fotografía N° 3



Aplicación del instrumento Índice del Arco, mediante el programa AreaCalc 1.0.0.1.

Fotografía N° 4



Aplicación del Test de Craig para angulación de cadera

Fotografía N° 5



Aplicación del instrumento Ángulo Q para angulación de rodilla

ABSTRACT

"STUDY OF PLANTAR FOOTPRINT AND ITS RELATION WITH HIP AND KNEE ANGULATION IN 10 AND 19 YEARS OLD AFRO-ECUADORIAN ADOLESCENTS IN VALLE DEL CHOTA EDUCATIONAL UNIT"

Author: Kevin Xavier Jiménez Mejía

Email: kevin.jimenez605@hotmail.com

The plantar footprint is no more than the reflection of the foot, showing morphological characteristics that can be captured through the application of tools such as screen footprint. The main objective of this research work was to determine the relationship between the plantar footprint and hip and knee angulation in afro-ecuadorian adolescents between the ages of 10 and 19. The methodology of the study is qualitative-quantitative, descriptive and correlational type of non-experimental and cross-sectional design. We worked with a sample of 63 students between 10 and 19 years old of both genders, predominantly female, with the ages of 10 to 13 being the most frequent. Evaluation tools such as: Arch Index (AI), Craig's Test and Q Angle. The results of the plantar footprint type were 49.2% of teens with normal foot type. Hip angulation was determined in 63.5% of adolescents with femoral retroversion and in knee angulation were results of normal alignment in 68.3% of the sample. It was determined that there was no a significant relationship between the plantar footprint and hip angulation, while the relationship between the plantar footprint and angulation of the knee is significant, concluding that the plantar footprint influences knee angulation.

Keywords: adolescent, flat foot, cavus foot, anteversion, retroversion, varus, valgus, relationship

Victoria Redriguez
no



Urkund Analysis Result

Analysed Document: JIMENEZ MEJIA KEVIN XAVIER TESIS.docx (D53864222)
 Submitted: 6/14/2019 11:16:00 PM
 Submitted By: kevin.jimenez605@hotmail.com
 Significance: 5 %

Sources included in the report:

tesis corregida martes 22.docx (D23735605)
<https://core.ac.uk/download/pdf/158646699.pdf>
<http://dspace.umh.es/bitstream/11000/4514/1/TD%20Bern%C3%A1%20Gasc%C3%B3n%252C%20Jose%20Antonio.pdf>
http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/528/Cordova_Espinoza_tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
<https://g-se.com/huella-plantar-biomecanica-del-pie-y-del-tobillo-propuesta-de-valoracion-bp-b57cfb26db4ec3>
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista49/artalteraciones340.htm>
http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/185/Peralta_Santisteban_tesis_bachiller_2017.pdf?sequence=7
<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/15460/Tesis.pdf?sequence=1>
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100015
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26477/2/Tesis%20PERFIL%20MORFOLOGICO%20DEL%20ARCO%20PLANTAR.pdf>
<https://www.redalyc.org/pdf/3457/345732285010.pdf>
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30220/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/24580/1/PROYECTO%20EL%20PIE%20PLANO%20Y%20SU%20INFLUENCIA%20EN%20EL%20EQUILIBRIO%20EST%C3%81TICO%20DE%20LOS%20ESTUDIANTES%20DEL%20CIRCUITO%20N%C2%B0%201%20DE%20LA%20CIUDAD%20DE%20MILAGRO%20%20DEL%20LIC.%20DARWIN%20%20XAVIER%20SU%C3%81REZ%20VALENZUELA.pdf>
<http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd48/basic-documents-48th-edition-sp.pdf#page=1>
<https://www.pediatruiintegral.es/wp-content/uploads/2013/xvii02/01/88-93%20Desarrollo.pdf>
<http://scielo.sld.cu/pdf/end/v24n3/end06313.pdf>
<https://www.pediatruiintegral.es/wp-content/uploads/2014/xviii07/02/425-441.pdf>
http://www.medicinainfantil.org.ar/images/stories/volumen/2013/xx_2_133.pdf
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3414067/pdf/ijsp-07-356.pdf>
http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or2_alvarez.pdf
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4433996/pdf/jpts-27-1141.pdf>